

EFECTO DEL HUMO DE CIGARRILLOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE TRES MARCAS DE RESINAS NANOHÍBRIDAS, AREQUIPA 2026.

por RAPHAEL GONZALO PERALTILLA MEDINA

Fecha de entrega: 18-jun-2026 01:59p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2985661886

Nombre del archivo: tesis_2019602831_20260618_135234_b0b71f24-9413-4a9e-8909-06d76f74549d.pdf
(2.74M)

Total de palabras: 20527

Total de caracteres: 127820



**Universidad
Católica de
Santa María**

¹ Facultad de Odontología

Escuela Profesional de Odontología

**Efecto del humo de cigarrillos electrónicos sobre la microdureza superficial
de tres marcas de resinas nanohíbridas, Arequipa 2026.**

Tesis presentada por:

Peraltila Medina, Raphael Gonzalo

ORCID: 0009-0003-4025-7142

¹ para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

Dra. Caceres Bellido, Lenia Victoria Teresa

ORCID: 0000-0003-1254-6281

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 08 de Junio del 2026

Dictamen: 017960-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 017960, presentado por:

2019602831 - PERALTILLA MEDINA RAPHAEL GONZALO

Titulado:

**EFFECTO DEL HUMO DE CIGARRILLOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL
DE TRES MARCAS DE RESINAS NANOHÍBRIDAS, AREQUIPA 2026.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título 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**



DEDICATORIA

Elevo mi gratitud a Dios, porque ilumina y orienta mi camino, constituye el manantial de mi vigor en toda circunstancia, y me provee de prudencia y nuevas puertas a través de esta senda.

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi pilar en la vida. A mi papá, mi maestro y guía, quien me apoyó y ayudó en los momentos más difíciles, motivándome con su ejemplo. A mi mamá, por su apoyo incondicional, su aliento constante y por estar allí cuando más lo necesité. Mi gratitud hacia mi hermano, por su respaldo incondicional y su compañía fiel, impulsándome constantemente a proseguir. También hacia mis abuelos, quienes, con su afecto y su prudencia, siempre me infundieron aliento y me escoltaron durante mi período de estudios. Y a toda mi familia, por estar siempre ahí, con su cariño y apoyo en cada paso de este camino.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi reconocimiento más genuino hacia todas aquellas personas cuya participación permitió la concreción del presente estudio.

A mis jurados, por el tiempo que invirtieron en el examen de este documento y por sus acertados comentarios y recomendaciones, que sirvieron para consolidar y perfeccionar esta investigación.

A mi asesor de tesis, por su dirección, tolerancia y los saberes transmitidos a lo largo de la elaboración de este estudio, lo cual favoreció notoriamente su finalización.

¹
A la Universidad Católica de Santa María y a los catedráticos que intervinieron en mi formación profesional, por proporcionarme los recursos teóricos y los principios éticos requeridos para ejercer la odontología.

Por último, extendiendo mi profundo agradecimiento a mi familia, por su respaldo absoluto, su entendimiento y su estímulo perpetuo, elementos que resultaron esenciales para lograr este objetivo tanto académico como profesional.

El propósito de esta investigación consistió en establecer el impacto que produce el vapor generado por los cigarrillos electrónicos sobre la dureza superficial de tres variedades disponibles en el mercado de resinas compuestas nanohíbridas: Vittra APS, Forma y Luna. Frente al auge en el empleo de sistemas electrónicos para suministrar nicotina, se hizo patente la exigencia clínica de analizar si los constituyentes químicos de dicha emanación tienen la aptitud para alterar la estructura orgánica de estos materiales dentales. Por lo tanto, el estudio buscó no solo cuantificar la disminución de la dureza Vickers tras la exposición, sino también identificar cuál de las marcas evaluadas presenta una mayor susceptibilidad, aportando evidencia para la selección de los materiales.

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental in vitro con un enfoque cuantitativo y transversal. Se confeccionaron un total de 48 muestras cilíndricas de resina nanohíbrida, distribuidos equitativamente en seis subgrupos. El protocolo simuló un consumo mediante el uso de un dispositivo de vacío controlado. Para el procesamiento de datos, se corroboró la distribución normal de la muestra empleando el test de Shapiro-Wilk; acto seguido, se ejecutaron pruebas de T-Student, y posteriormente se realizó un examen de varianza (ANOVA) junto con la prueba complementaria de Tukey para efectuar las comparaciones múltiples.

Los hallazgos evidenciaron que el contacto con las partículas del cigarrillo electrónico ocasionó un descenso con relevancia estadística en la dureza de la totalidad de los materiales compuestos evaluados. La resina Forma mostró los valores de dureza en el grupo control (121.88 HV), descendiendo a 110.50 HV tras la exposición, mientras que Vittra APS presentó una reducción de 118.63 HV a 108.75 HV. Sin embargo, la resina Luna partió de una dureza menor en el control (112.38 HV), y sufrió una disminución que alcanzó un promedio de 96.25 HV después del proceso de vapeo. Las pruebas comparativas demostraron que, Vittra APS y Forma mantienen una dureza parecida entre sí, y ambas superan significativamente a la resina Luna.

Como concluye que el vapor de los cigarrillos electrónicos opera como un factor que deteriora la firmeza en la capa externa de las resinas de tipo nanohíbrido, verificando de manera contundente el planteamiento hipotético del estudio. Se determinó fehacientemente que la resina Luna es el material más vulnerable ante este fenómeno, mostrando una menor capacidad de resistencia frente al aerosol del vapeador en comparación con Vittra APS y Forma.

Palabras clave: Cigarrillos electrónicos, microdureza superficial, resinas nanohíbridas.

14 ABSTRACT

The purpose of this research was to establish the impact of vapor generated by electronic cigarettes on the surface hardness of three commercially available nanohybrid composite resins: Vittra APS, Forma, and Luna. Given the rise in the use of electronic nicotine delivery systems, the clinical need arose to analyze whether the chemical constituents of this vapor could alter the organic structure of these dental materials. Therefore, the study sought not only to quantify the decrease in Vickers hardness after exposure but also to identify which of the evaluated brands exhibited the greatest susceptibility, providing evidence for material selection.

36 The study was conducted using an in vitro experimental design with a quantitative, cross-sectional approach. A total of 48 cylindrical samples of nanohybrid resin were prepared and equally distributed into six subgroups. The protocol simulated vaping using a controlled vacuum device. For data processing, the normal distribution of the sample was verified using the Shapiro-Wilk test. Subsequently, Student's t-tests were performed, followed by an analysis of variance (ANOVA) along with Tukey's test for multiple comparisons.

The findings showed that contact with e-cigarette particles caused a statistically significant decrease in the hardness of all the composite materials evaluated. Forma resin showed the highest hardness values in the control group (121.88 HV), decreasing to 110.50 HV after exposure, while Vittra APS showed a reduction from 118.63 HV to 108.75 HV. However, Luna resin started with a lower hardness in the control group (112.38 HV) and experienced a decrease that reached an average of 96.25 HV after the vaping process. Comparative tests demonstrated that Vittra APS and Forma maintain similar hardness, and both significantly outperform Luna resin.

The study concludes that e-cigarette vapor acts as a factor that deteriorates the firmness of the outer layer of nanohybrid resins, conclusively verifying the study's hypothesis. It was definitively determined that Luna resin is the most vulnerable material to this phenomenon, exhibiting lower resistance to vapor from e-cigarettes compared to Vittra APS and Forma.

1
Keywords: E-cigarettes, surface microhardness, nanohybrid resins.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I 2

1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3

1.1. Determinación del problema 3

1.2. Descripción del problema 4

1.4 Justificación del problema 5

1.4.1 Originalidad 5

1.4.2 Relevancia científica 5

1.4.3 Relevancia Social 6

1.4.4 Viabilidad 6

2.- OBJETIVOS 7

2.1 Objetivo General 7

2.2 Objetivos Específicos 7

3. MARCO TEÓRICO 8

3.1. Marco Conceptual 8

3.1.1. Resinas dentales 8

3.1.2. Dispositivos Electrónicos de Entrega de Nicotina (SEAN) / Vapeo 26

3.1.3. Interacción Aerosol-Material: Mecanismos de Degradación 30

3.1.4. Microdureza superficial 33

3.2. Antecedentes investigativos 39

3.2.1. Nacionales: 39

3.2.2. Internacionales:	42
4. HIPÓTESIS	45
CAPITULO II	46
1. METODOLOGÍA	47
1.1. Clasificación Taxonómica de la Investigación	47
a. Propósito del Estudio	47
b. Enfoque Metodológico	47
c. Diseño Investigativo	47
d. Temporalidad	47
e. Nivel de Profundidad	48
f. Unidad de Análisis	48
1.2. Matriz de Consistencia	49
1.3. Técnica de investigación	50
1.4. Técnica de ejecución de investigación	50
1.4.1 Selección de muestras	50
1.4.2 Tamaño de la muestra	51
1.4.3 Criterios para las muestras	51
1.4.4 Protocolo de Exposición	52
1.4.5 Preparación de muestras y metodología	52
1.4.6 Instrumentos	55
1.4.7 Materiales	55
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN	55
2.1. Ubicación Espacial	55
2.2. Unidades de Estudio	56
3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	56
3.1. Organización	56
3.2. Recursos	57

4. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	58
4.1. A nivel de procesamiento o sistematización	58
4.2. A nivel del estudio de los datos	60
4.3. A nivel de conclusiones	60
¹ CAPITULO III	61
RESULTADOS	61
DISCUSIÓN	72
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
REGISTRO VISUAL	89
DICTÁMEN COMITÉ DE ÉTICA	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Cuadro de variables	49
TABLA 2	Ficha de observación	55
TABLA 3	Unidades de Estudio	56
TABLA 4	Cronograma de actividades	58
TABLA 5	Análisis Estadístico	59
TABLA 6	Prueba de Normalidad	62
TABLA 7	Efecto del vapeo en la resina Vittra APS	64
TABLA 8	Efecto del vapeo en la resina Forma™	66
TABLA 9	Efecto del vapeo en la resina Luna	68
TABLA 10	Comparación de la microdureza tras el vapeo entre las 3 resinas	70

2 INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Prueba de Normalidad	63
FIGURA 2 Efecto del vapo en la resina Vittra APS	65
FIGURA 3 Efecto del vapo en la resina Forma™	67
FIGURA 4 Efecto del vapo en la resina Luna	69
FIGURA 5 Comparación de la microdureza tras el vapo entre las 3 resinas	71
FIGURA 6 Resina Vittra APS	89
FIGURA 7 Resina Forma™	89
FIGURA 8 Resina Luna SDI	90
FIGURA 9 Elaboración de muestras	90
FIGURA 10 Elaboración de muestras	91
FIGURA 11 Elaboración de muestras	91
FIGURA 12 Experimentación	92
FIGURA 13 Experimentación	92
FIGURA 14 Experimentación	93
FIGURA 15 Experimentación	93

ÍNDICE DE ANEXOS

FICHA 1	2	Recolección de datos. Vittra APS	84
FICHA 2		Recolección de datos. Forma TM	84
FICHA 3		Recolección de datos. Luna	85
FICHA 4		Certificados de dureza	86

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los materiales dentales por tabaquismo convencional ha sido ampliamente documentado; sin embargo, la introducción de los Sistemas Electrónicos de Administración de Nicotina (SEAN) ha generado un nuevo escenario clínico cuyo efecto sobre los biomateriales es aún incierto. El problema radica en que, a diferencia de la combustión del tabaco, la inhalación de vapor produce una niebla compuesta por partículas diminutas suspendidas en disolventes orgánicos como el propilenglicol y la glicerina vegetal. La marcada tendencia de estos compuestos químicos a absorber humedad indica que intensifican el proceso de absorción y disolución, lo que puede afectar la estructura orgánica de las resinas compuestas (1).

En el caso de las resinas nanohíbridas, el éxito clínico depende de la integridad de la interfase matriz-relleno. Se piensa que la exposición reiterada a este aerosol, sumado a las variaciones térmicas propias del dispositivo, podría desencadenar una degradación de la cohesión polimérica. A pesar de su uso masivo, existe muy poca evidencia sobre si los saborizantes y solventes del aerosol son capaces de influir en las redes de polimerización, reduciendo la microdureza superficial de los compuestos (2).

La relevancia de este problema: una disminución en la microdureza no es solo un valor numérico, sino el inicio del fracaso de la restauración mediante el desgaste prematuro. Por tanto, ante la ausencia de protocolos de sugerencias para los pacientes usuarios de SEAN, surge la necesidad de investigar si tendrá algún efecto degradativo el humo de cigarrillo electrónico sobre la microdureza superficial de diversas marcas de resinas nanohíbridas. Es por eso que me decidí llevar adelante la investigación que tratará de dilucidar esos posibles efectos y la relación entre las variables del estudio (3).

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

A lo largo de toda mi formación en la facultad de odontología, y en particular durante las prácticas clínicas centradas en las restauraciones, siempre percibí la importancia de las propiedades mecánicas de los materiales, especialmente la firmeza superficial microscópica de las resinas compuestas, como un componente crucial para su capacidad de resistir la fricción y su durabilidad en el entorno clínico. Este interés se intensificó al revisar literatura científica reciente sobre el comportamiento de resinas nanohíbridas frente a distintos agentes externos, donde noté un creciente enfoque en factores químicos y ambientales que podrían alterar sus propiedades. En este mismo sentido, he observado un aumento significativo en el uso de cigarrillos electrónicos, especialmente entre los jóvenes, tanto en mi práctica profesional diaria como en contextos sociales. Me preocupó el impacto que esto tendría no solo en los tejidos de la cavidad bucal, sino también en los materiales utilizados para restauraciones. Como resultado de la confluencia de estos factores, llegué a la conclusión de que es fundamental investigar la relación entre el vapor de los cigarrillos electrónicos y las resinas compuestas.

En este contexto, considero que el posible efecto del humo de cigarrillos electrónicos sobre la microdureza superficial de resinas nanohíbridas constituye un problema relevante, debido a que estas resinas son ampliamente utilizadas en la práctica odontológica por sus propiedades estéticas y mecánicas. Es posible que la interacción prolongada y repetitiva con las partículas que componen la emisión generada por estos dispositivos pueda alterar la capa más externa del material, poniendo en peligro su solidez, su durabilidad y su comportamiento en la práctica clínica. Además, la existencia de diferentes marcas comerciales introduce una variable adicional, ya que sus composiciones pueden reaccionar de manera distinta ante este tipo de exposición. A pesar del creciente uso de cigarrillos electrónicos, aún existe limitada evidencia científica sobre su impacto en materiales restauradores, lo que genera un vacío de conocimiento que podría afectar la toma de decisiones clínicas. Por ello, resulta fundamental desarrollar investigaciones que permitan comprender estos efectos y contribuir a una práctica odontológica basada en evidencia, especialmente en contextos locales como el entorno dentro de la ciudad de Arequipa.

1

1.2. Descripción del problema

a) Áreas del conocimiento

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

1.3 Pregunta de Investigación

a. Principal

- ¿Qué efecto produce el aerosol del cigarrillo electrónico en la dureza de las resinas estudiadas?

1

b. Específicas

- ¿Qué nivel de dureza presenta la resina Vitra APS luego de ser sometida al humo del vapedor?
- ¿Qué nivel de dureza presenta la resina Forma™ luego de ser sometida al humo del vapedor?
- ¿Qué nivel de dureza presenta la resina Luna luego de ser sometida al humo del vapedor?
- ¿Cuál de las tres resinas del estudio presenta mayor disminución en su microdureza superficial al ser expuestas al aerosol del cigarrillo electrónico?

1.4 Justificación del problema

1.4.1 Originalidad

¹⁷ Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han centrado en escenarios de contacto convencionales, excluyendo prácticas novedosas que han ganado popularidad, como el uso de cigarrillos electrónicos. Esto ocurre a pesar de que se han realizado numerosos estudios para investigar el impacto de sustancias químicas y factores ambientales, como líquidos ácidos, bebidas alcohólicas y soluciones pigmentadas, en la integridad y ¹¹ las propiedades físico-mecánicas de las resinas utilizadas en odontología. En este caso particular, el vapor generado por estos dispositivos contiene características químicas distintivas que pueden generar una interacción particular con los materiales ⁶⁴ restauradores. No obstante, existen pocos estudios que investiguen explícitamente el impacto de este tipo de exposición en la ² dureza superficial de las ³ resinas compuestas. Esto es especialmente cierto para las resinas compuestas nanohíbridas de diversas marcas comerciales, cuyas formulaciones pueden influir en su reacción. Por este motivo, la investigación de esta interacción aporta una perspectiva novedosa, pertinente y necesaria ¹ en el ámbito de los biomateriales dentales.

1.4.2 Importancia científica

Desde un punto de vista científico, la firmeza de la capa externa ⁶ es un indicador importante para determinar la durabilidad, la resistencia a la abrasión y el rendimiento clínico de los materiales utilizados en restauraciones. Esto se debe a que la firmeza de la capa externa generalmente refleja el grado de polimerización alcanzado y el mantenimiento de la red polimérica. En este sentido, es importante dilucidar cómo la emisión o el vapor de los cigarrillos electrónicos afecta esta característica. Esto se debe a que introduce un tipo de agresión química distinta a las que se encuentran habitualmente y tiene la capacidad de alterar la superficie del material. La investigación de esta interacción no solo facilita la elección de resinas más adecuadas y la modificación de los procedimientos clínicos en respuesta a nuevos factores de riesgo, sino que también contribuye a ampliar el conocimiento científico existente

sobre los mecanismos por los cuales las resinas compuestas se deterioran en respuesta a nuevas fuentes de exposición ambiental.

1.4.3 Importancia Social

A nivel social, el creciente ³ uso de cigarrillos electrónicos, especialmente entre jóvenes y adultos jóvenes, plantea nuevos desafíos para la salud bucal y la práctica odontológica. Esto afecta particularmente a los adultos jóvenes. Este fenómeno no solo puede impactar los tejidos orales, sino también la durabilidad y el rendimiento de los materiales restauradores en la cavidad bucal. Dado que muchos pacientes que utilizan estos dispositivos pueden requerir procedimientos dentales prolongados, es pertinente investigar cómo la exposición frecuente a estos aerosoles podría afectar la vida útil de las restauraciones. Esto se debe a que ² el entorno en el que se lleva a cabo esta investigación es idóneo. En consecuencia, ² los resultados de esta investigación podrían proporcionar información útil para el desarrollo de recomendaciones de tratamiento individualizadas, basadas en el perfil de vulnerabilidad de cada paciente, ¹⁴ lo que facilitaría una toma de decisiones más informada en la práctica profesional.

1.4.4 Viabilidad

Finalmente, cabe destacar la practicidad de este estudio, ya que la modalidad de laboratorio experimental permite un control preciso de las condiciones de prueba y una reproducción homogénea de los escenarios clínicos. Esto, a su vez, minimiza el efecto de los elementos intrínsecos al entorno oral. El uso de este método facilita la repetición del experimento y la obtención de datos consistentes y similares en todos los grupos evaluados. Además, permite realizar una investigación precisa sobre la influencia específica del ⁵⁹ vapor de los cigarrillos electrónicos en la dureza externa de las resinas. Esto sienta una base sólida para futuras investigaciones y posibles aplicaciones en la práctica clínica, orientadas a mejorar la selección de materiales restauradores y su rendimiento general.

2.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Determinar el efecto que produce el aerosol del cigarrillo electrónico en la dureza de las resinas estudiadas.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el nivel de dureza que presenta la resina Vittra APS luego de ser sometida al humo del vapeador.
- Evaluar el nivel de dureza que presenta la resina Forma™ luego de ser sometida al humo del vapeador.
- Evaluar el nivel de dureza que presenta la resina Luna luego de ser sometida al humo del vapeador.
- Evaluar cuál de las tres resinas del estudio presentará mayor disminución en su dureza superficial al ser expuestas al aerosol del cigarrillo electrónico.

¹ 3. MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Conceptual

3.1.1. Resinas dentales

a) Conceptos y definiciones

Las resinas compuestas, tradicionalmente denominadas "resinas reforzadas" o "resinas mixtas", ² se encuentran entre los materiales más utilizados en las restauraciones dentales a base de resina. Su popularidad en restauraciones fijas ha aumentado en los últimos años, debido a su versatilidad y adaptabilidad a diversas configuraciones estructurales. La combinación de dos sustancias distintas da como resultado una nueva estructura con características distintivas. Diversos factores influyen en estas propiedades, ² como el volumen y la calidad de cada componente, su distribución dentro del composite y el grado de adhesión entre ellos. Por ello, una interfaz bien construida es fundamental para obtener un material sólido y funcional, especialmente en entornos clínicos exigentes (4).

⁴¹ En el campo de la odontología, el desarrollo de materiales para restauraciones estéticas no solo se ha centrado en satisfacer las necesidades funcionales de los pacientes, sino también en cumplir con sus crecientes expectativas estéticas. Inicialmente, la odontología operatoria utilizaba principalmente amalgamas y cementos de silicato, que ofrecían buena resistencia mecánica, pero presentaban limitaciones en cuanto a estética y biocompatibilidad. La investigación en biomateriales ha propiciado el desarrollo de resinas compuestas como consecuencia de estos avances. Gracias a su capacidad adhesiva, su parecido con los dientes naturales y el desarrollo gradual de sus propiedades físicas y mecánicas, estos compuestos se encuentran ahora entre los materiales restauradores más utilizados. Esto se debe a varios motivos. Existen numerosas propiedades esenciales que se han mejorado mediante la integración de rellenos cada vez más pequeños. Algunos de estos atributos cruciales incluyen la facilidad de pulido, el brillo superficial, la tolerancia a la fricción y la persistencia del color. Como resultado, los usos terapéuticos de estas resinas se han ampliado, lo que ha permitido su uso eficaz tanto en dientes anteriores como posteriores. Además, como consecuencia de este avance, se ha reducido la

frecuencia con la que se necesitan actualizar las restauraciones, lo que beneficia tanto a los pacientes como a los dentistas (5).

Las resinas compuestas han experimentado un desarrollo constante, desde las primeras variantes macrorellenas hasta las fórmulas más modernas, que incluyen híbridas, microhíbridas, nanohíbridas y nanoparticuladas. Cuando se utilizaban resinas macrorellenas, se empleaban partículas de gran tamaño, lo que resultaba en superficies irregulares y con poca capacidad de pulido. En años posteriores, las resinas microrellenas lograron una calidad superficial superior, aunque seguían presentando limitaciones en cuanto a su resistencia mecánica. La combinación de partículas de diferentes tamaños dio lugar a la creación de resinas híbridas y microhíbridas, que lograron combinar eficazmente durabilidad y apariencia física. Actualmente, las resinas nanohíbridas se han consolidado como una de las opciones más populares. Esto se debe principalmente a la introducción de nanopartículas, que mejoran la distribución del relleno, aumentan la resistencia mecánica y conservan buenas propiedades ópticas y de pulido. Este progreso constante también ha permitido su uso en cavidades más complejas y ha contribuido a una disminución de la tasa de fallos clínicos causados por desgaste o fractura. Como resultado, se han convertido en una solución fiable tanto para restauraciones grandes como pequeñas (6).

En odontología, los materiales estéticos para restauraciones se clasifican según diversos parámetros. Los criterios más importantes son la composición química, el diámetro de las partículas y el método de polimerización. Los composites tradicionales, los ionómeros de vidrio modificados, los compómeros y las sustancias bioactivas se clasifican según su composición. Los compuestos bioactivos liberan iones beneficiosos para los tejidos dentales. Además, según el tamaño de las partículas, se clasifican en macrorellenos, microrellenos, híbridos, microhíbridos, nanohíbridos y nanopartículas. Cada categoría presenta un acabado superficial y una resistencia al desgaste únicos. Cabe destacar que el tamaño de las partículas que componen los composites corresponde a estas subdivisiones. Asimismo, en función del método de activación, se clasifican en autopolimerizables (polimerización química), fotopolimerizables (polimerización por inducción lumínica) y de polimerización dual (combinación de ambos procesos). La importancia de esta taxonomía radica en que la

conformación y la estructura interna de cada producto determinan directamente su comportamiento en la práctica clínica, así como su capacidad para permanecer en el medio bucal. Esta categorización es fundamental, ya que las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de cada material se ven directamente influenciadas por los criterios que describe. Es posible contribuir a prolongar la vida útil de la restauración y prevenir su fallo prematuro mediante una decisión adecuada a la cavidad a tratar (7).

1 **b) Estructura y composición**

• Matriz orgánica

Las moléculas insaturadas que incluyen grupos vinilo ($C=C$) y, en algunos casos, cadenas laterales, constituyen la parte orgánica de los materiales compuestos. Estas moléculas presentan pesos moleculares variables y poseen grupos vinilo. Este proceso tiene lugar antes de que el material compuesto adquiera mayor rigidez. Existe un término general para estos compuestos químicos: monómeros. Esta matriz orgánica se transforma en una red de polímeros reticulados con diferentes grados de enlace entre sus cadenas una vez finalizado el proceso de fraguado. El grado de reticulación y el índice de transformación son dos ejemplos de factores que influyen en diversas propiedades del polímero, tanto mecánicas como químicas. La fracción de enlaces dobles ($C=C$) que se saturan y se convierten en enlaces simples durante la polimerización se denomina índice de transformación. Una polimerización inadecuada, por ejemplo, puede dar lugar a la presencia de monómeros residuales, lo que puede afectar la biocompatibilidad y la resistencia del material. Esto puede ocasionar complicaciones adicionales. Por lo tanto, es fundamental regular estos parámetros para garantizar un rendimiento clínico excelente y duradero (4).

Las siguientes son las funciones principales que desempeña la fase orgánica:

- La polimerización vinílica es el método utilizado para el proceso de curado.
- Mediante este proceso, se facilita ¹ la formación de enlaces entre las distintas capas del material y otras superficies, como los tejidos dentales.
- Los rellenos inorgánicos pueden beneficiarse de su uso como soporte o aglutinante.

En esta categoría se incluyen monómeros como BisGMA, UDMA, TEGDMA, EDMA, HEMA y DDM. Estos compuestos están presentes en cantidades variables en la mayoría de los composites disponibles actualmente en el mercado. Ciertos tipos de materiales, como los denominados "ormoceros", se diferencian del resto por la incorporación de una molécula de silicio. El origen de su nombre se remonta a esta característica distintiva. Sin embargo, no existen datos concluyentes que sugieran que esta modificación ofrezca ²⁴ un rendimiento clínico significativamente superior en comparación con los composites de dimetacrilato convencionales disponibles actualmente. En los últimos tiempos, se ha logrado un progreso ⁵⁷ sustancial en la formación de composites, centrándose principalmente en la incorporación de nuevos monómeros a la matriz del material. Actualmente, este es el objetivo principal del estudio que se está llevando a cabo. Estos monómeros se caracterizan por tener mayores masas moleculares y, además, poseen el potencial de incorporar numerosos grupos reactivos en su estructura. Gracias a ello, es posible intervenir tanto en el proceso de polimerización como en el comportamiento del material en su estado final. Por esta razón, el objetivo es reducir la contracción ⁵⁴ que se produce como consecuencia del proceso de fraguado y mejorar las propiedades mecánicas, ambas esenciales para prolongar la vida útil de las restauraciones cosméticas (4).

El fraguado ⁹ de los composites suele implicar una cierta contracción volumétrica. Esto ocurre en la mayoría de los casos. Esta contracción está determinada principalmente por la composición de la fase orgánica, que es el factor principal a considerar. La industria odontológica ha investigado una amplia gama de monómeros para mitigar los efectos negativos de este

fenómeno. Entre las alternativas descubiertas se encuentran moléculas de alto peso molecular, como el dimetacrilato de polietilenglicol, así como copolímeros capaces de alcanzar tasas de conversión del 90 al 100 %, como resultado de la disminución de los enlaces C=C. Es particularmente importante prestar atención a los sistemas epoxi-poliol, ya que las pruebas de laboratorio han demostrado reducciones de volumen entre un 40 y un 50 % menores que las medidas con métodos convencionales. Los monómeros de espiro-ortocarbonato (SOC), que tienen la capacidad de expandirse en volumen, son otro ejemplo relevante. Más concretamente, las resinas a base de siloxano-oxirano patentadas por 3M-Espe constituyen otro ejemplo. Si bien se han logrado avances significativos, los principales fabricantes de composites dentales siguen mostrando una clara preferencia por los procedimientos más antiguos. Estos métodos implican la inserción del monómero Bis-GMA/TEGDMA o la mezcla Bis-GMA/UEDMA/TEGDMA en la matriz orgánica. Esta práctica se mantiene en la gran mayoría de las empresas, a pesar de que estas composiciones tradicionales aún presentan cierta contracción, la cual debe compensarse mediante los procedimientos de inserción necesarios. Es muy probable que esto se deba a que estas composiciones ofrecen un equilibrio bien establecido entre la manipulación, el rendimiento mecánico y el coste del producto (8).

- **Relleno/refuerzo**

En las restauraciones de composite, el relleno inorgánico es fundamental debido a su excepcional combinación de propiedades mecánicas, químicas, ópticas y físicas. Su función principal es proteger la estructura dental remanente de posibles fracturas o daños funcionales. El resultado clínico final de una restauración de composite está directamente determinado por cuatro características interconectadas: la clase y el diámetro de las partículas del relleno, el porcentaje o la cantidad de relleno en la matriz, la forma o configuración de las partículas y, por último, la naturaleza química del relleno. Cada uno de estos parámetros influye considerablemente en el resultado clínico final. La resistencia al desgaste, la pulibilidad y la durabilidad de la restauración en la cavidad oral dependen de la interacción entre estos elementos a lo largo del proceso de restauración. Por ello, es

esencial que el odontólogo comprenda a fondo cómo influye cada componente en el resultado de la restauración para seleccionar el material más adecuado para la cavidad que se está tratando (4).

En la etapa de distribución de las resinas compuestas, el relleno inorgánico es un componente esencial para la eficiencia general del producto. Dado que este relleno es directamente responsable de las propiedades físicas y mecánicas del composite, las cualidades finales del mismo dependen en gran medida de él. Específicamente, las propiedades mecánicas del material restaurador están determinadas fundamentalmente por tres factores: el tipo de relleno utilizado, la técnica de producción y el porcentaje de relleno. La incorporación de partículas de relleno en esta etapa es muy necesaria para mejorar las propiedades físicas y mecánicas generales de la fase orgánica. Por lo tanto, uno de los objetivos principales en el proceso de desarrollo de estos materiales es contener la mayor cantidad posible de relleno, asegurando al mismo tiempo que los límites se encuentren dentro del rango que permite una manipulación clínica aceptable. Entre los beneficios que se pueden obtener mediante el uso de rellenos se incluyen un aumento de la radiopacidad, una disminución del coeficiente de expansión térmica, una reducción de la contracción que se produce durante el proceso de fraguado final, una simplificación del proceso de manipulación y una mejora considerable en la estética de la restauración (8).

Se ha desarrollado una resina compuesta única mediante el uso de tecnologías a nanoescala. Estas nanopartículas tienen un tamaño aproximado de 25 nanómetros, y los nanoaglomerados presentes en esta resina miden alrededor de 75 nanómetros. En comparación con otras resinas comunes, se distingue fácilmente por sus propiedades particulares. En la producción de estos nanoaglomerados se utilizan partículas de circonio/sílice o nanopartículas de sílice que sirven como estructura base. Para asegurar que los agregados se entrelacen correctamente con la fase de resina, se añade posteriormente un agente de unión, como el silano, a los componentes. Esto crea una unión fuerte, lo que mejora las propiedades mecánicas y visuales del producto final (8).

El uso de estas diminutas partículas permite fabricar resinas con una capacidad asombrosa para reparar tejidos. Este refinamiento no solo reduce el impacto de las irregularidades superficiales, sino que también disminuye la probabilidad de que la fase de resina sufra degradación biológica con el tiempo. Además, las características mecánicas de la resina se han mejorado gracias a este método, lo que la hace ideal para su uso tanto en dientes anteriores como posteriores, las zonas dentales expuestas a las mayores tensiones oclusales. Para prevenir la distorsión de las cúspides y la formación de microfisuras en los bordes del esmalte, un tamaño de partícula menor resulta beneficioso, ya que reduce la pérdida de volumen durante el proceso de fraguado. Es de suma importancia que esto se lleve a cabo, ya que evita las microfracturas. Cada uno de estos problemas tiene importantes consecuencias clínicas, dado que estas microfracturas son directamente responsables de la penetración periférica, la decoloración, la entrada de microorganismos y la posibilidad de hipersensibilidad postoperatoria (8).

Por otro lado, debido a su diminuto tamaño, estas partículas no poseen suficiente reflectancia lumínica, lo que representa una desventaja importante desde el punto de vista estético. Para optimizar su comportamiento óptico y asegurar que cumplan adecuadamente su función como soporte estructural, es fundamental añadir partículas de mayor tamaño. Dentro del rango de longitudes de onda visibles para el ojo humano, el diámetro promedio de estas partículas es del orden de micrómetros o menor. Esto significa que se encuentran dentro del espectro visible. El uso de nanopartículas resulta en una alta resistencia mecánica, lo que permite establecer un equilibrio entre esta resistencia y la reflectancia lumínica necesaria para lograr restauraciones con un acabado estético y una apariencia natural. Esta combinación específica de tamaños es uno de los conceptos clave que guían la construcción de las resinas nanohíbridas que se emplean actualmente (8).

Bowen logró incorporar partículas inorgánicas a la fase orgánica del material, lo que resultó en una mejora considerable de sus propiedades físicas durante todo el proceso de transformación. Este logro no habría sido posible sin el desarrollo del Bis-GMA. Dado que el cuarzo fue el primer relleno que se incorporó eficazmente a las resinas, todavía se utiliza en algunas fórmulas

actuales. Tras el descubrimiento de esta sustancia, se introdujeron diversos rellenos en el campo de la odontología. Algunos de estos rellenos incluyen sílice coloidal y vidrio de fluorosilicato de aluminio. Además, se han incluido bario y estroncio en la formulación de la sustancia para mejorar su radiopacidad y facilitar su identificación en placas radiográficas. Las resinas que incluyen nanopartículas son una incorporación relativamente reciente al mercado, a pesar de que los composites híbridos y microhíbridos llevan tiempo disponibles comercialmente. Una mayor suavidad superficial y una mayor resistencia al desgaste abrasivo son solo dos de las muchas ventajas que ofrecen estos materiales. Como resultado de la incorporación de rellenos, la cantidad de matriz orgánica ha disminuido, un componente que requiere una investigación técnica rigurosa. En consecuencia, tanto la pérdida por polimerización como la absorción de humedad se han reducido, pero se ha producido una mayor resistencia a la fricción. Además, el comportamiento reológico se ha modificado debido al aumento de la viscosidad. Existe un límite en la cantidad de relleno que se puede integrar en un material, y este límite está determinado por la clase y el diámetro de las partículas de la sustancia. Cuando las partículas son más pequeñas, proporcionan una mayor superficie, lo que conlleva un aumento de la viscosidad que puede alcanzar niveles inaceptables para uso terapéutico. De igual modo, una cantidad excesiva de relleno puede tener un efecto perjudicial en la estética del resultado, especialmente en restauraciones anteriores, que deben tener un aspecto natural y transparente. Por lo tanto, es de suma importancia encontrar el equilibrio adecuado entre la proporción de relleno y la viabilidad clínica del procedimiento antes de proceder (9).

c) Resinas compuestas nanohíbridas

El desarrollo de estos materiales ha dado lugar a la formación de compuestos microhíbridos. Estos compuestos incorporan una combinación de nanopartículas, cuyo tamaño suele oscilar entre 20 y 100 nanómetros, y nanoagregados, formados por cúmulos de nanopartículas de zirconia-sílice prepolimerizadas tratadas como partículas individuales, en rellenos

micrométricos. Mediante la fusión de estos materiales, se logra una gran resistencia y un acabado superficial excepcional y duradero (10).

En restauraciones anteriores y posteriores, estas resinas representan la innovación más vanguardista y de uso más extendido disponible actualmente. La configuración híbrida de su microestructura, que combina partículas de diversos tamaños, desde nanométricos hasta micrométricos, permite incorporar una alta proporción de relleno inorgánico (a menudo entre el 78 % y el 87 % en peso). Esto se debe a que la microestructura está compuesta por partículas de diferentes tamaños. Sus excepcionales propiedades, como la menor contracción por polimerización, la mayor resistencia y módulo elástico, y la mayor estabilidad del color, se atribuyen directamente a la alta concentración de relleno que contienen. Además, la presencia de nanopartículas garantiza un alto brillo inicial y una calidad superficial asombrosa, equivalente a la del esmalte dental natural, que se mantiene a lo largo del tiempo (11).

d) Factores que determinan la selección de las resinas

- **Lugar donde se ubica la cavidad:**

Al evaluar las características individuales de cada restauración, como su tamaño y ubicación dentro de la cavidad oral, es fundamental elegir el material restaurador más adecuado. En situaciones que requieren un alto rendimiento mecánico, como lesiones de Clase IV con contacto oclusal, cavidades extensas de Clase I, restauraciones complejas o combinadas de Clase II y restauraciones de Clase VI, el composite más recomendado es aquel que contiene la mayor proporción de relleno inorgánico y que, además, es radiopaco cuando se utiliza en dientes posteriores. Esta radiopacidad facilita el examen radiográfico durante las sesiones de seguimiento (8).

En la restauración de dientes frontales, donde el aspecto visual es fundamental, se recomienda utilizar composites con características complementarias. Algunas de estas características incluyen fluorescencia, que permite simular la apariencia de dientes naturales; una adecuada capacidad de pulido; y una translucidez apropiada, que los hace

prácticamente imperceptibles. En una restauración integral de Clase IV, por ejemplo, se recomienda emplear un composite de alta compactación (a menudo híbrido) con un alto contenido de relleno inorgánico para el núcleo, y luego cubrir la superficie bucal con un composite de partículas muy finas (microrellenos) para obtener el mejor resultado visual posible. Es importante destacar que este método permite que varios productos coexistan en la misma empresa, lo que permite a los clientes aprovechar las ventajas específicas de cada uno.

En el tratamiento de lesiones cervicales, tanto anteriores como posteriores, es necesario realizar una restauración correctamente ejecutada con materiales que permitan un excelente acabado superficial. Esto es fundamental para minimizar la acumulación de biopelícula bacteriana en esta zona sensible. El material también debe poseer una resistencia a la flexión considerable, es decir, debe soportar las presiones dinámicas generadas por el cepillado y la masticación. Esto, a la larga, prolongará la vida útil de la restauración. Para obtener un resultado clínico satisfactorio a largo plazo, es esencial determinar el tratamiento más adecuado según la ubicación y el tipo de lesión (8).

- **Factores estéticos:**

Las restauraciones de composite se utilizan ocasionalmente por razones puramente estéticas, además de sus propósitos prácticos. Pueden ser útiles para resolver diversos problemas estéticos, como cambios en la forma o decoloración de los dientes, el sellado de espacios interdentes y la corrección de pequeñas anomalías oclusales, entre otras posibilidades. Por otro lado, existen ciertas circunstancias en las que se combinan las necesidades visuales y mecánicas. Por ejemplo, cuando hay caries severas en los dientes frontales o cuando se produce un traumatismo en esa zona. Ante estas condiciones, es fundamental considerar la posibilidad de incorporar componentes adicionales al composite para facilitar el tratamiento y, en algunos casos, permitir la fabricación de materiales personalizados que se adapten a las necesidades específicas de cada paciente (8).

Por este motivo, es muy importante destacar el grado de opacidad del material. Algunos composites se denominan "multiusos", lo que indica que, además de ser adecuados para su uso tanto en dientes anteriores como

posteriores, también pueden utilizarse sin necesidad de materiales adicionales. Asimismo, es frecuente encontrar restauraciones que, además del material habitual, incorporan una capa más densa en cuanto a su opacidad. Un tema controvertido es el uso de sustancias químicas opacificantes, resinas que se emplean para ocultar el color del diente subyacente a la carilla. Dado que el uso de estos productos provoca la pérdida de la translucidez natural del diente, es fundamental emplear una mezcla de materiales para compensar artificialmente esta deficiencia. En este caso concreto, el opacificante se recubre con un composite híbrido y, posteriormente, se aplica sobre él una capa fina de composite microrelleno. Esta combinación, posible gracias a la diversidad de composiciones de estos productos, provoca fenómenos de reflexión y refracción de la luz, lo que mejora el aspecto general de los dientes, confiriéndoles una apariencia más natural y visualmente realista (8). Por otro lado, los composites transparentes reproducen la translucidez del esmalte recién erupcionado, lo que los convierte en un material muy útil para reproducir los bordes incisales en pacientes jóvenes. Para mejorar el aspecto general de la reparación, se utilizan resinas coloreadas, también conocidas como resinas tintadas. Estas resinas contienen pigmentos potentes. Su propósito es imitar las características morfológicas o cromáticas de cada paciente. Estas características pueden incluir fisuras, manchas blancas, líneas de crecimiento u otros detalles que distinguen a un paciente de otro. Sin embargo, es fundamental recalcar que su uso debe restringirse estrictamente. La capa más externa siempre se recubre con otro material compuesto, a menudo microrellenado, que además contiene una pequeña porción colocada debajo. Esto garantiza que su presencia en la restauración sea indetectable y no produzca consecuencias visuales indeseables. Cuando este procedimiento se realiza con destreza, es posible llevar a cabo tratamientos restauradores en la práctica dental que resultan prácticamente imperceptibles a simple vista (8).

e) Características deseables en una restauración

Se considera que una restauración ha sido efectiva cuando logra una apariencia y un nivel de perfección equivalentes a los de un diente reconstruido a partir de

su tejido original. Esto se manifiesta en dos características clave: una forma anatómica adecuada y coherencia estética, ambas de suma importancia (12).

f) Aplicaciones de la nanotecnología de los composites

El uso de nanocomponentes en la rehabilitación dental es uno de los campos de estudio más vanguardistas relacionados con la nanotecnología. El uso de nanopartículas en empastes está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a su capacidad para generar materiales con propiedades resistentes al desgaste, además de poseer efectos antibacterianos y antifúngicos. El uso de la nanotecnología en odontología fue iniciado por Sumita Mitra, química de 3M, a finales de la década de 1990 con el objetivo de mejorar los empastes dentales. Actualmente, este método se utiliza en clínicas dentales y en casi todas las caries; estos empastes son un ejemplo de las innovaciones que han transformado radicalmente los tratamientos existentes (13).

En el campo de la odontología, se han desarrollado hasta la fecha 151 aplicaciones mediante nanotecnología, lo que refleja el extraordinario éxito alcanzado en este campo. Algunas resinas compuestas de uso común incorporan nanopartículas de tipo cerámico o cristales ricos en sílice. Estas resinas sintéticas se han fabricado con la ayuda de la nanotecnología. En cuanto a la estética dental, el Dr. Sauro considera que estos materiales son superiores. Además, los define como más resistentes, robustos y consistentes. Es necesario realizar más estudios para investigar el impacto de estas nanopartículas dentales únicas en la cavidad bucal. Durante esta revisión, es importante tener en cuenta diversos aspectos, como el pH, el papel protector de la saliva y la interacción entre la saliva y las membranas mucosas. A pesar del gran progreso logrado con estos nanomateriales, se requiere más investigación. Se le ha señalado al Dr. Sauro que un porcentaje significativo de la investigación sobre la toxicidad de estas sustancias se ha llevado a cabo exclusivamente en un entorno de laboratorio. Para evaluar los efectos de estos medicamentos, son necesarios más estudios clínicos que se realicen durante un período de tiempo prolongado (13).

g) Propiedades mecánicas críticas

11
• **Resistencia al desgaste y fatiga**

La resistencia al desgaste constituye una de las propiedades mecánicas más importantes en los materiales restauradores, ya que determina su capacidad para soportar las fuerzas masticatorias y conservar su anatomía funcional a lo largo del tiempo. El desgaste excesivo de las resinas compuestas puede generar pérdida de contorno, alteraciones oclusales, incremento de rugosidad superficial y deterioro estético, comprometiendo la longevidad clínica de la restauración. Esta propiedad depende de múltiples factores, como el tipo de matriz orgánica, tamaño y distribución de partículas de relleno, grado de conversión y condiciones del medio oral. Las resinas nanohíbridas presentan mejor comportamiento frente al desgaste debido a la incorporación de nanopartículas que permiten una distribución más homogénea del relleno y una mejor resistencia superficial (14).

Por otro lado, la fatiga mecánica se refiere al deterioro progresivo que experimenta un material cuando es sometido repetidamente a cargas cíclicas durante la función masticatoria. En el entorno oral, las restauraciones están expuestas constantemente a fuerzas compresivas, tensionales y de cizallamiento, las cuales pueden inducir microfracturas internas y eventualmente provocar el fracaso del material. La resistencia a la fatiga depende de la cohesión entre matriz y relleno, así como de la capacidad del material para disipar tensiones. Factores externos como cambios térmicos, humedad y exposición a sustancias químicas también pueden acelerar los procesos de degradación y disminuir el desempeño mecánico de las resinas compuestas (15).

• **Estabilidad de color y translucidez**

Debido a su influencia directa tanto en la estética como en la aceptabilidad clínica del tratamiento, la estabilidad del color es una cualidad esencial de los materiales utilizados en restauraciones estéticas. Los cambios de color en las resinas compuestas pueden deberse a diversas causas, tanto internas, asociadas a la degradación de la fase de resina, como externas, relacionadas

con la absorción de colorantes de alimentos, bebidas o hábitos como el consumo de tabaco. Existe una relación significativa entre la sensibilidad al cambio de color y la composición de la matriz orgánica, el tipo de fotoiniciadores utilizados y el grado de conversión producido. Gracias a su menor rugosidad superficial y mayor capacidad de pulido, las resinas nanohíbridas suelen presentar una mayor estabilidad del color (16).

Otra propiedad óptica de gran relevancia es la capacidad de transmitir luz. Esto se debe a que permite reconstruir el comportamiento normal de los tejidos orales al ser iluminados. Además, el diámetro y la disposición de los rellenos inorgánicos, así como la proporción entre la fase orgánica y los rellenos inorgánicos, son factores que influyen en esta característica. Un grado de translucidez adecuado genera resultados visuales más naturales y equilibrados. Por otro lado, esta característica puede verse alterada con el tiempo por diversas circunstancias, como la antigüedad del producto, cambios químicos y la exposición a sustancias externas. Por ello, mantener la estabilidad óptica es fundamental para lograr reparaciones estéticas, funcionales y duraderas (17).

h) Polimerización y grado de conversión

El proceso químico conocido como polimerización es responsable de la transformación de los monómeros que constituyen la fase orgánica de las resinas compuestas en una estructura polimérica sólida. Esta transformación se produce mediante la formación de enlaces moleculares. En la mayoría de los casos, este proceso se inicia mediante fotopolimerización, que implica el uso de luz azul con una longitud de onda específica capaz de activar los fotoiniciadores presentes de forma natural en el material. Diversos factores, como la potencia y la duración de la irradiación de la lámpara, el grosor de la capa restauradora, el tono de la resina y la composición química del producto, influyen en el éxito de la polimerización. Un fraguado inadecuado puede tener un impacto negativo en las propiedades físicas y mecánicas de la restauración (18).

El índice de transformación mide la proporción de monómeros que se transforman en cadenas poliméricas durante el proceso de fraguado. Debido a

su impacto directo en características como la dureza superficial, la resistencia mecánica, la estabilidad dimensional y la biocompatibilidad, este valor se considera un indicador clave de la calidad del curado. Un índice de transformación bajo puede resultar en mayor solubilidad, mayor absorción de humedad y liberación de monómeros residuales, lo que contribuye a la degradación del producto y disminuye su vida útil. Por lo tanto, es fundamental lograr un índice de transformación óptimo para maximizar el rendimiento clínico de las resinas compuestas y garantizar restauraciones más robustas y duraderas (19).

i) Resina Vittra APS de FGM

El silicato de circonio esferoidal se utiliza en la producción de un material compuesto de calidad superior, que se distingue por su notable resistencia mecánica, excelente pulibilidad y brillo superficial que se mantiene durante un período prolongado. El hecho de que este material no contenga BPA es solo una de sus muchas ventajas; también cuenta con tecnología APS, que permite una reproducción cromática muy precisa y extiende el tiempo de trabajo, facilitando así la obtención de resultados estéticos predecibles. Una consistencia superior que facilita su manipulación, un efecto camaleónico (presente en la versión Unique) que ayuda a que se integre perfectamente con el diente natural y una compatibilidad total con el fotopolimerizado con luz azul son algunos de los aspectos más notables de este producto. Este material es apropiado para una amplia variedad de aplicaciones clínicas, incluyendo carillas, reconstrucciones de núcleos, reparaciones de restauraciones problemáticas y restauraciones tanto anteriores como posteriores, ya que ofrece un equilibrio óptimo entre función y estética. Estas características hacen que este material sea ideal para una amplia gama de aplicaciones clínicas (20).

- **Características Principales**

El material presenta como base silicato de circonio con cargas de forma nanoesferoidal. Su manejo se caracteriza por una consistencia sobresaliente y una manipulación que fluye con facilidad, gracias al sistema APS. En cuanto a la estética, ofrece un elevado nivel visual, un

brillo perdurable y un efecto camaleónico (denominado Vittra APS Unique) que le permite imitar con precisión los tonos del diente natural. La tecnología APS, además, concede un período de trabajo más prolongado bajo iluminación ambiental y permite prever el color final antes del fraguado. Por otra parte, su formulación está exenta de Bisfenol A (BPA), lo que aporta un perfil de seguridad favorable. Por último, resulta plenamente apto para ser utilizado con cualquier equipo de fotopolimerización de luz azul disponible en el mercado.

- **Especificaciones Técnicas**

La composición del material incluye cargas de circonio con morfología nanoesferoidal, cuyas partículas tienen un diámetro aproximado de 200 nm. En cuanto a su contenido inorgánico, alcanza un 73% en peso. El producto se comercializa en jeringas de 4 gramos para los matices de dentina y esmalte, así como en versiones de 2 gramos para el tono transparente, sin olvidar las presentaciones fluidas (Flow) y los juegos completos. El sistema cromático se ha simplificado, ofreciendo tonalidades como DA1, DA2, DA3 y DA3.5 para dentina, y EA1, EA2 y EA3 para esmalte, lo que facilita la selección del color adecuado.

- **Indicaciones**

Este material está indicado para rehabilitaciones directas (Clases I, II, III, IV y V) tanto en el sector frontal como en el posterior, así como para la confección de carillas directas, la reinsertión de fragmentos dentales, la elaboración de núcleos de obturación, la reparación de trabajos en porcelana o composite y el cierre de espacios interdentes (20).

j) Especificaciones de la Resina Forma™

Además de agilizar y facilitar el procedimiento clínico, el producto FORMA ofrece un equilibrio óptimo entre resistencia, durabilidad y estética en un solo envase. Gracias a sus características, FORMA es increíblemente adaptable y permite realizar restauraciones cosméticas impecables con un solo tono, lo que simplifica la selección de colores. Además, FORMA se ofrece en más de 32

variaciones de color, que incluyen dentina, esmalte y efectos únicos. Es posible emplear FORMA en métodos especializados adaptados a cada caso particular gracias a la amplia gama de tonalidades disponibles (21).

Dentro del ámbito de las resinas compuestas, FORMA es un material fotopolimerizable que se endurece y ofrece un rendimiento mecánico excepcional. Cada tonalidad presenta características ópticas excepcionales, incluyendo niveles perfectos de fluorescencia, opacidad y translucidez, muy similares a las de los dientes naturales. Esto se debe a que su composición contiene zirconia y trifluoruro de iterbio, componentes que mejoran la resistencia estructural y el realismo visual del producto. La excelente consistencia de este material facilita el modelado y el desgaste, lo que resulta en un acabado superficial brillante, muy atractivo y duradero. Su alto contenido de relleno, que proporciona una resistencia y durabilidad extraordinarias incluso con bajas cantidades, lo convierte en una opción sólida para restauraciones complejas, tanto en la zona anterior como en la posterior. Esto se debe a que es una alternativa fiable. Por todos estos factores, es la opción recomendada para ambos tipos de restauraciones. Los profesionales pueden obtener resultados con confianza, a la vez que reducen el tiempo del proceso gracias a estas características combinadas (21).

- **Indicaciones:**

Gracias a su adaptabilidad y a sus propiedades cosméticas y estructurales, FORMA destaca como una solución idónea para todo tipo de restauraciones, tanto en la zona anterior como en la posterior de la boca. Su adaptabilidad y rendimiento en la práctica clínica permiten obtener resultados estéticos y funcionales de alta calidad en diversos entornos sanitarios.

En la zona anterior, FORMA presenta una buena translucidez entre el esmalte y la dentina. Esto permite obtener resultados visuales eficaces, comparables a los de procedimientos de estratificación más extensos, pero con tan solo unas pocas capas. Además, su textura facilita su manipulación durante el procedimiento, ya que se moldea fácilmente y se adapta a la morfología del diente.

Específicamente en la zona posterior, FORMA incorpora una mayor cantidad de relleno en su formulación, lo que le confiere unas cualidades mecánicas excepcionales. Esto garantiza la dureza necesaria para este tipo de procedimientos, lo que contribuye a la durabilidad de la restauración y asegura su correcto funcionamiento en la práctica clínica (21).

Además, este material resulta apropiado para la elaboración de restauraciones indirectas, como carillas, inlays y onlays. Ofrece un manejo sencillo y una consistencia que facilita el pulido, lo que permite una manipulación clínica cómoda y la obtención de un acabado superficial homogéneo, aspectos que favorecen resultados estéticos y perdurables en las restauraciones. Asimismo, presenta una fluorescencia natural, cualidad que le permite reproducir el comportamiento óptico de los dientes bajo distintas fuentes de luz, contribuyendo así a una apariencia más armónica y visualmente atractiva (21).

k) Especificaciones de Resina Luna de SDI

- **Descripción:**

La resina Luna de SDI es un composite nanohíbrido universal diseñado para restauraciones anteriores y posteriores, destacado por su efecto camaleón, alta radiopacidad y manejo antiadherente. Cuenta con un 77% de carga de relleno en peso, ofreciendo una resistencia a la flexión de 136 MPa, ideal para soportar fuerzas masticatorias.

- **Especificaciones:**

- Tecnología: Nanohíbrida (partículas nano y micrón).
- Carga de relleno: 77% en peso (relleno de estroncio vítreo).
- Resistencia a la flexión: 136 MPa.
- Resistencia a la compresión: 343 MPa (a las 24 horas).
- Profundidad de curado: 2 mm.
- Radiopacidad: Elevada, superior a la dentina y esmalte.

- Biocompatibilidad: Libre de BPA y sus derivados (según).
- Manejo: Consistencia firme, no se pega a los instrumentos.
- Aplicación: Restauraciones clases I, II, III, IV y V

- **Indicaciones de uso:**

- Efecto Camaleón: Excelente adaptación cromática al diente adyacente.
- Estética: Alta fluorescencia y opalescencia natural.
- Tiempos de Fotocurado: 20 segundos estándar; 40 segundos para tonos opacos (22).

3.1.2. Dispositivos Electrónicos de Entrega de Nicotina (SEAN) / Vapeo

Los sistemas electrónicos de administración de nicotina (SEAN), más conocidos como cigarrillos electrónicos o dispositivos de vapeo, son dispositivos electrónicos diseñados para proporcionar nicotina mediante la generación de un aerosol inhalado, en lugar de a través de la combustión del tabaco. Debido a la creencia generalizada de que los cigarrillos electrónicos son más seguros que los cigarrillos convencionales, se ha producido un aumento sustancial en el número de personas que utilizan estos dispositivos desde su introducción en el mercado. Esta tendencia es especialmente frecuente entre jóvenes y adultos jóvenes. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que el aerosol emitido contiene una amplia gama de compuestos con potencial para causar daños. Estas sustancias químicas pueden afectar tanto a los biomateriales dentales como a los tejidos orales. Como resultado de la exposición repetida a estos aerosoles, ha aumentado el interés de la comunidad científica por los posibles efectos que pueden tener en la salud, así como en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de restauración utilizados en odontología (23).

a) Componentes y funcionamiento del cigarrillo electrónico

Los cigarrillos electrónicos están conformados por diversos componentes básicos que permiten el funcionamiento del dispositivo y la generación del aerosol. Entre ellos se encuentran la batería, el atomizador o resistencia, el

depósito o cartucho que contiene el líquido, y la boquilla por donde el usuario inhala el aerosol producido. La batería suministra energía al atomizador, el cual eleva la temperatura de una resistencia metálica encargada de calentar el líquido contenido en el depósito. Como resultado de este proceso térmico, el líquido se transforma en un aerosol compuesto por partículas ultrafinas que son inhaladas por el usuario. Dependiendo del modelo y potencia del dispositivo, las temperaturas alcanzadas pueden variar considerablemente, modificando la composición química final del aerosol generado (24).

El funcionamiento de los SEAN se basa en un mecanismo de vaporización que difiere del proceso de combustión presente en el cigarrillo tradicional. Mientras que el tabaco convencional produce humo mediante combustión, los cigarrillos electrónicos generan un aerosol a partir del calentamiento de soluciones líquidas compuestas principalmente por propilenglicol, glicerina vegetal, nicotina y saborizantes. Este mecanismo ha llevado a considerar inicialmente estos dispositivos como una opción “menos nociva”; sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la exposición prolongada a los compuestos liberados puede inducir alteraciones celulares, estrés oxidativo y cambios en la composición química del medio oral, afectando potencialmente el comportamiento clínico de las restauraciones dentales (25).

b) Composición química del aerosol

El aerosol generado por los cigarrillos electrónicos está compuesto por una mezcla compleja de sustancias químicas cuya composición puede variar según el fabricante, tipo de dispositivo y líquido utilizado. Entre sus principales componentes destacan los solventes orgánicos, la nicotina, los saborizantes y diversos productos secundarios derivados del calentamiento térmico. La exposición repetida a estos compuestos puede generar cambios químicos y físicos en la superficie de los materiales restauradores, favoreciendo fenómenos como absorción de líquidos, degradación de la matriz resinosa y alteraciones en propiedades mecánicas como la microdureza superficial (26).

- **Propilenglicol y Glicerina Vegetal: Propiedades como solventes químicos:** El propilenglicol y la glicerina vegetal constituyen los

principales componentes líquidos de los cigarrillos electrónicos, actuando como vehículos o solventes para la nicotina y los saborizantes. El propilenglicol es un compuesto orgánico higroscópico capaz de absorber humedad del entorno, mientras que la glicerina vegetal se caracteriza por su viscosidad y capacidad para generar mayor densidad de aerosol. Ambos compuestos, al ser sometidos a calentamiento, pueden interactuar con la superficie de materiales dentales y favorecer procesos de sorción y solubilidad en la matriz orgánica de las resinas compuestas. Estas interacciones podrían alterar progresivamente las propiedades físico-mecánicas de los biomateriales restauradores, especialmente tras exposiciones prolongadas (27).

Además, durante el proceso de calentamiento, estos solventes pueden sufrir degradación térmica y originar compuestos secundarios potencialmente reactivos. La exposición constante a este tipo de sustancias químicas podría influir en la estabilidad estructural de las resinas compuestas, afectando la unión matriz-relleno y promoviendo fenómenos de degradación superficial. Debido a ello, el estudio de estos compuestos resulta relevante para comprender los posibles efectos del vapeo sobre la longevidad clínica de los materiales restauradores (28).

- **Nicotina: Concentraciones y potencial reactivo:** La nicotina es uno de los principales componentes activos presentes en la mayoría de líquidos utilizados en cigarrillos electrónicos. Las concentraciones de nicotina pueden variar ampliamente entre productos comerciales, alcanzando niveles incluso superiores a los encontrados en cigarrillos convencionales. Este alcaloide posee propiedades químicas que pueden modificar el pH del medio oral y favorecer procesos oxidativos, además de interactuar con componentes orgánicos presentes en biomateriales dentales. Aunque gran parte de las investigaciones se han enfocado en sus efectos biológicos sobre tejidos periodontales y mucosa oral, existe creciente interés en evaluar su potencial influencia sobre materiales restauradores (29).

La exposición repetida a nicotina y sus derivados podría contribuir indirectamente a procesos de degradación química en las resinas compuestas, especialmente cuando actúa en combinación con solventes y

productos térmicos presentes en el aerosol. Asimismo, algunos estudios ⁶⁵ sugieren que la nicotina puede favorecer la acumulación de pigmentos y alterar propiedades superficiales como rugosidad y dureza, comprometiendo el desempeño clínico de las restauraciones estéticas (30).

- **Saborizantes y aditivos: Presencia de aldehídos y compuestos carbonílicos:** Los líquidos utilizados en dispositivos de vapeo contienen una amplia variedad de saborizantes y aditivos químicos destinados a mejorar la experiencia sensorial del usuario. Muchos de estos compuestos, al ser sometidos a elevadas temperaturas, pueden degradarse y generar aldehídos, formaldehído, acetaldehído y otros compuestos carbonílicos potencialmente tóxicos. Estas sustancias poseen alta reactividad química y han sido asociadas a procesos de estrés oxidativo, inflamación y alteraciones celulares en tejidos orales (31).

Desde el punto de vista de los biomateriales odontológicos, la presencia de aldehídos y compuestos carbonílicos resulta relevante debido a su posible capacidad para interactuar con la matriz orgánica de las resinas compuestas. La exposición continua a estas sustancias podría inducir cambios químicos superficiales, aumentar la degradación del polímero y disminuir propiedades mecánicas como la microdureza superficial. Sin embargo, la evidencia disponible sobre estos efectos sigue siendo limitada, lo que justifica la necesidad de investigaciones específicas orientadas a comprender la interacción entre el aerosol de cigarrillos electrónicos y los materiales restauradores (32).

c) **Termodinámica del vapeo:**

La termodinámica del vapeo hace referencia a ¹⁷ los fenómenos físicos y químicos que ocurren durante el calentamiento del líquido dentro del cigarrillo electrónico. Cuando la resistencia metálica alcanza altas temperaturas, se produce la transferencia de energía térmica hacia el líquido, provocando su vaporización y formación de aerosol. Las temperaturas alcanzadas pueden variar según el voltaje, tipo de dispositivo y resistencia utilizada, oscilando

generalmente entre 100 °C y más de 300 °C. Estas variaciones térmicas influyen directamente en la composición química del aerosol generado y en la cantidad de compuestos tóxicos liberados durante el proceso (33).

El incremento excesivo de temperatura puede favorecer fenómenos de pirólisis y degradación térmica de los componentes líquidos, incrementando la producción de aldehídos y radicales libres. Asimismo, los cambios térmicos repetitivos presentes durante el vapeo podrían generar un ambiente químicamente agresivo capaz de afectar la estabilidad de los biomateriales restauradores presentes en la cavidad oral. En el caso de las resinas compuestas, la exposición continua a calor y sustancias químicas derivadas del aerosol podría contribuir al deterioro de la matriz polimérica y alterar propiedades como dureza superficial, resistencia al desgaste y estabilidad estética (34).

3.1.3. Interacción Aerosol-Material: Mecanismos de Degradación

La relación del vapor generado por los cigarrillos electrónicos con los materiales restauradores empleados en odontología se perfila como un campo que suscita un interés progresivo dentro del ámbito de los biomateriales dentales. El aerosol producido durante el vapeo contiene solventes orgánicos, nicotina, compuestos carbonílicos y otras sustancias químicas capaces de entrar en contacto de forma constante con las restauraciones presentes en la cavidad oral. Debido a la naturaleza polimérica de las resinas compuestas, estos materiales pueden experimentar procesos de absorción, degradación química y alteraciones estructurales cuando son expuestos repetidamente a medios agresivos. Tales cambios pueden afectar propiedades físico-mecánicas esenciales, como la microdureza superficial, resistencia al desgaste y estabilidad estructural, comprometiendo la longevidad clínica de las restauraciones (14).

a) Fenómenos de sorción y solubilidad:

La sorción y la solubilidad representan fenómenos fundamentales en el proceso de degradación de las resinas compuestas. La sorción se refiere a la capacidad del material para absorber líquidos o sustancias químicas del medio externo,

mientras que la solubilidad corresponde a la pérdida de componentes del material hacia el entorno. Ambos procesos ocurren principalmente en la matriz orgánica de las resinas y pueden verse potenciados por la exposición continua a solventes presentes en el aerosol de cigarrillos electrónicos. La absorción de estas sustancias puede generar expansión de la red polimérica, alteración de enlaces intermoleculares y disminución progresiva de las propiedades mecánicas del material (35).

- **Difusión de solventes químicos en la red polimérica:** Los solventes químicos presentes en el aerosol, especialmente el propilenglicol y la glicerina vegetal, poseen capacidad para difundirse a través de la red polimérica de las resinas compuestas. Este fenómeno ocurre debido a que la matriz resinosa contiene espacios intermoleculares que facilitan la penetración de moléculas pequeñas y sustancias higroscópicas. La difusión progresiva de estos compuestos puede alterar la estabilidad dimensional del material y favorecer procesos de degradación hidrolítica, afectando la cohesión interna de la resina y disminuyendo propiedades como dureza superficial y resistencia mecánica (36).

La magnitud de este proceso depende de factores como el grado de conversión de la resina, composición química de la matriz orgánica y tiempo de exposición al agente químico. Las resinas con menor grado de polimerización presentan mayor susceptibilidad a la penetración de solventes, debido a la presencia de monómeros residuales y espacios libres dentro de la estructura polimérica. Por ello, la exposición continua a aerosoles electrónicos podría acelerar el deterioro superficial y estructural de las restauraciones compuestas (37).

- **Reblandecimiento de la matriz orgánica por acción del propilenglicol:** El propilenglicol es un solvente orgánico higroscópico ampliamente utilizado en líquidos para vapeo debido a su capacidad de transportar nicotina y saborizantes. Sin embargo, su interacción con materiales restauradores puede generar efectos adversos sobre la matriz orgánica de las resinas compuestas. La absorción de propilenglicol puede inducir un efecto plastificante sobre el polímero, ocasionando

reblandecimiento de la matriz resinosa y reducción de la rigidez superficial del material. Este fenómeno favorece la disminución de la microdureza y aumenta la susceptibilidad al desgaste y deformación mecánica (38).

El ablandamiento de la fase orgánica podría comprometer la estabilidad del límite de contacto entre la resina y los rellenos, lo que a su vez favorece el desprendimiento de las partículas de refuerzo y la aparición de rugosidad en la superficie. Estas alteraciones no solo afectan el comportamiento mecánico de la restauración, sino también sus propiedades ópticas y estéticas, incrementando la rugosidad superficial y la retención de pigmentos o biofilm bacteriano (39).

b) Ruptura de los enlaces silano-relleno

La fijación entre la fase polimérica y las cargas inorgánicas en los composites se efectúa mediante compuestos de enlace silánico, cuya misión consiste en preservar la integridad de la estructura del material y facilitar la transmisión de esfuerzos físicos. Sin embargo, la exposición prolongada a medios químicos agresivos puede inducir degradación hidrolítica de estos enlaces, comprometiendo la estabilidad de la interfase silano-relleno. La presencia de humedad, solventes orgánicos y cambios térmicos favorece la ruptura progresiva de estas uniones químicas, debilitando la estructura interna de la resina (40).

La degradación de los enlaces silano-relleno puede provocar desprendimiento de partículas de carga, incremento de porosidades superficiales y disminución de propiedades mecánicas como dureza, resistencia flexural y resistencia al desgaste. En el caso ²⁵ de la exposición al aerosol de cigarrillos electrónicos, los compuestos químicos y variaciones térmicas generadas durante el vapeo podrían acelerar estos procesos de deterioro, afectando negativamente la longevidad clínica de las restauraciones nanohíbridas (41).

c) Formación de microfisuras y porosidades tras la exposición

La exposición continua de las resinas compuestas a sustancias químicas y cambios térmicos puede favorecer la formación de microfisuras y porosidades superficiales. Estos defectos estructurales se originan como consecuencia de tensiones internas generadas por procesos de expansión, contracción y degradación química de la matriz resinosa. Con el tiempo, las microfisuras pueden propagarse hacia capas más profundas del material, debilitando la estructura restauradora y aumentando el riesgo de fractura o desgaste prematuro (42).

Asimismo, la aparición de porosidades incrementa la rugosidad superficial y facilita la acumulación de pigmentos, restos orgánicos y microorganismos, comprometiendo tanto la estética como la funcionalidad de la restauración. En materiales expuestos al aerosol de cigarrillos electrónicos, la combinación de solventes químicos, aldehídos y fluctuaciones térmicas podría potenciar la formación de estas alteraciones microscópicas. Por ello, resulta importante evaluar experimentalmente cómo este tipo de exposición influye sobre la integridad superficial y desempeño clínico de las resinas nanohíbridas (43).

3.1.4. Microdureza superficial

a) Conceptos:

Mediante el análisis de la dureza de la capa más externa de un material, es posible determinar el grado de resistencia de una sustancia sólida a ser rayada o indentada. Cabe aclarar que la dureza superficial y la resistencia mecánica no son lo mismo; son dos conceptos distintos que no deben confundirse. Por ello, un objeto puede tener una baja dureza superficial y, al mismo tiempo, una alta resistencia a la fractura (o viceversa). Por ejemplo, el acero es superior al vidrio en cuanto a resistencia mecánica. Sin embargo, el vidrio suele dar la impresión de ser más robusto, a pesar de que su resistencia real es relativamente menor. Para cuantificar el nivel de dureza se requiere el uso de aparatos especializados, como penetrómetros o durómetros. Estos instrumentos cuentan con una punta afilada en el extremo activo, responsable de producir la marca o indentación

característica. Generalmente, las escalas de medición obtenidas con estos equipos llevan nombres que indican el fabricante (44).

Cuando se habla de la resistencia de un material al rayado o al daño producido por indentación, la dureza superficial es la cantidad de resistencia que ofrece la sustancia. El rayado y la indentación son dos fenómenos distintos, y es esencial distinguirlos claramente. Los penetrómetros son diversas herramientas que se utilizan para evaluar las características del biomaterial que se está investigando. Todos estos dispositivos incluyen un componente conocido como indentador. En el caso de la silicona, ²no pudimos obtener una medición precisa de su dureza utilizando un penetrómetro de rayado. Esto se debió a que el movimiento ejercido generó un ²impacto sobre el material en lugar de una penetración efectiva. Por lo tanto, ²es necesario contar con un indentador con punta roma que sea capaz de producir una marca (una depresión de baja densidad) en la muestra y que funcione mediante el proceso de compresión (44).

Independientemente del ensayo específico que se realice, el proceso principal ²para determinar la dureza de un material consiste en aplicar una carga estandarizada, que puede ser constante o variable, al biomaterial estudiado mediante un indentador o una punta. Los extremos activos de los indentadores pueden tener geometrías esféricas, piramidales o romboidales. Estos extremos ¹activos pueden estar hechos de acero, carburo de tungsteno o diamante, según los requisitos del fabricante. Es fundamental que la zona evaluada tenga un acabado muy regular, nivelado y pulido para medir con precisión la dureza de la muestra. Esta condición es básica y de gran importancia. En la superficie de la muestra, se produce un orificio, surco o muesca como resultado de la presión aplicada al indentador. Esta muesca se puede medir con un microscopio para determinar su profundidad, área superficial o anchura, y las mediciones obtenidas se comparan con los estándares de referencia establecidos. Existe una ³relación inversa entre la resistencia que ofrece el material a la penetración y el tamaño de la marca resultante. Por ello, una mayor resistencia produce una ¹huella más pequeña, lo que indica una mayor dureza (44).

La capacidad de un material para mantener una forma permanente cuando se somete a una carga, especialmente a la que resulta del impacto de un objeto más

rígido, es lo que se entiende por "dureza". Este concepto engloba diversas características, como la resistencia al desgaste por fricción, rayaduras, hendiduras y deformaciones ambientales (45).

El grado de indentación que se produce en la capa más externa ² de un material se denomina "dureza superficial" de dicha sustancia. En la primera prueba, cuyo objetivo era examinar esta propiedad, se utilizaron dos compuestos distintos. Una de las sustancias mostró un nivel de dureza inferior al de la otra. ¹ El objetivo de esta prueba era determinar si la sustancia más dura podía dejar una marca en la superficie del material menos duro. Mediante este método, fue posible determinar la dureza superficial de la muestra. Se considera que este método es útil para evaluar ¹ el nivel de rigidez de diversos elementos y puede utilizarse para determinar la dureza de una sustancia mediante un indentador que aplica ¹ presión sobre la superficie del material. En cuanto al fenómeno de la indentación, se ha observado que los materiales flexibles tienden a crear indentaciones tanto profundas como anchas, lo que puede llevar a una estimación incorrecta de la dureza real del material (46).

Por otro lado, la evaluación de la microdureza superficial ² es un método que consiste en determinar la rigidez en ciertas regiones de la superficie de un material, aplicando tensiones bajas durante todo el proceso de ensayo. Esta prueba resulta muy útil para inspeccionar muestras delgadas, capas externas o microestructuras finas, especialmente en disciplinas que requieren trabajar a pequeña escala, como la odontología (47).

¹ La microdureza superficial es una característica mecánica que representa la resistencia de la capa externa de un material dental, como el esmalte, la dentina o las resinas compuestas, a la indentación o la deformación permanente. La microdureza superficial se puede medir en micrómetros. Uno de los instrumentos utilizados para medirla es un indentador extremadamente rígido que aplica una fuerza controlada en puntos muy pequeños. Esta determinación es de gran importancia en odontología, ya que ¹ permite verificar la calidad de los materiales restauradores, su grado de polimerización y su resistencia al desgaste, la abrasión y la deformación. Esto, a su vez, garantiza una larga vida útil y un excelente rendimiento clínico de los materiales. Pruebas como la de Vickers o

la de Knoop se utilizan frecuentemente para determinar el nivel de dureza incluso en las superficies más pequeñas. Posteriormente, los datos recopilados se utilizan para comparar el comportamiento de los tejidos dentales y los materiales restauradores ante la masticación u otros estímulos similares (48).

A continuación se ofrecen explicaciones detalladas de las diferencias fundamentales entre la microdureza superficial y la dureza: Para empezar, existen dos enfoques distintos para cuantificar un material: la dureza global, que evalúa la resistencia general del material a la deformación, y la microdureza de la capa externa, que se centra en microestructuras o características superficiales específicas. Las pruebas de microdureza, por otro lado, utilizan cargas e indentadores diminutos, como en los procedimientos Vickers o Knoop. Las mediciones de dureza convencionales, en cambio, suelen utilizar cargas e indentadores de gran tamaño, como en los métodos Rockwell o Brinell. Gracias a esto, es posible examinar zonas minúsculas sin que la muestra sufra daños considerables durante el proceso (49).

La dureza global de un material es adecuada para materiales homogéneos de grandes dimensiones, ya que ofrece una evaluación completa de su resistencia a la deformación. La microdureza superficial, por otro lado, es la opción más idónea cuando es fundamental evaluar la dureza de zonas específicas de una muestra. La microdureza superficial también resulta excelente para sustancias heterogéneas, capas delgadas y recubrimientos superficiales (47).

El durómetro, un instrumento que se utiliza frecuentemente para medir la dureza, incluye indentadores de diferentes geometrías, como bolas de acero, puntas de diamante y componentes piramidales. La fuerza aplicada a estos indentadores puede variar desde gramos hasta kilogramos, y el tiempo de aplicación lo determina el experto o técnico a cargo (46).

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

- Se denomina dureza al rayado y se refiere a la resistencia que ofrece un material al rayado por otra sustancia. Un material más blando puede desgastarse con mayor facilidad al ser rayado por una sustancia más dura. Este nivel de dureza se suele evaluar mediante la escala de Mohs, un

método de clasificación que asigna una puntuación a los minerales del uno (talco) al diez (diamante) (45).

- Dureza por indentación: Evalúa la oposición de un material a la deformación cuando se somete a una carga constante aplicada mediante un indentador. Entre los métodos más habituales para llevar a cabo esta medición se encuentran las pruebas de dureza Rockwell, Brinell, Vickers y Knoop:

- Para determinar la dureza Brinell de un material, es necesario aplicar una carga continua a su superficie mediante una esfera de acero o carburo. Esto permite determinar su resistencia a la penetración (50).

- El ensayo de dureza Rockwell es un método establecido para determinar la resistencia de un material a la indentación. En este ensayo se mide y registra la profundidad que alcanza un indentador, que puede ser un cono de diamante o una bola de acero, al ser introducido en el material bajo la acción de una fuerza determinada (51).

- El ensayo de dureza Vickers es un método que mide la capacidad de un material para resistir la deformación plástica producida por la indentación. Para ello, se utiliza un indentador de diamante con forma piramidal de base cuadrada y se aplica una carga constante durante todo el procedimiento experimental. Es posible determinar la resistencia general del material midiendo la magnitud de la depresión producida. Una escala como esta se utiliza en odontología para determinar la dureza superficial de diversos materiales, como resinas compuestas, cerámicas y aleaciones metálicas. Los resultados de esta medición proporcionan información sobre las propiedades de los materiales, incluyendo su capacidad para soportar presiones oclusales, abrasión y desgaste típico (52). En el ensayo de dureza Vickers se utiliza un indentador con forma de diamante piramidal y base cuadrada. Las caras del indentador convergen en un ángulo de 136 grados durante todo el ensayo. Para evaluar la dureza del material, este indentador se presiona contra él mientras se le aplica una carga determinada. Dependiendo del grado

de rigidez del material que se esté evaluando, las cargas aplicadas² pueden variar entre uno y ciento veinte kilos (53).

- Existen algunas similitudes entre el ensayo Knoop y el método Vickers; sin embargo, el ensayo Knoop se diferencia del proceso Vickers por el uso de un indentador con una geometría extendida. Esto hace que el ensayo Knoop sea especialmente adecuado para analizar sustancias blandas o delgadas (52).

El análisis de microdureza es un parámetro que se puede utilizar en materiales dentales, y es fundamental tenerlo en cuenta al evaluar su capacidad para resistir la fricción, el desgaste y el deterioro¹ propios del entorno bucal. Las pruebas de indentación, como los procedimientos Vickers o Knoop, que permiten evaluar la dureza en regiones diminutas, pueden utilizarse para determinar la microdureza de un material. Estas pruebas pueden utilizarse para determinar la microdureza de cualquier material (54).

Estas pruebas se han utilizado en diversos productos dentales a lo largo de la investigación. Se ha observado que la microdureza del esmalte dental se ha examinado para investigar el impacto que diversas intervenciones o agentes extraños tienen sobre su estructura. De manera similar, se ha estudiado la microdureza de las resinas compuestas, los cementos de resina y los silicatos de calcio utilizados en endodoncia para comprobar el grado de polimerización, la resistencia y la durabilidad de estos materiales en condiciones análogas al entorno de la cavidad bucal (55).

3.2. Antecedentes investigativos

3.2.1. Nacionales:

- **Autor:** Becerra Miguras, Maite.

Título: “Asociación entre la autopercepción de la salud periodontal con el consumo de cigarrillos electrónicos en los jóvenes de Lima Metropolitana durante el 2021”. Lima 2022

Fuente: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/entities/publication/73c2a6e4-cb67-5967-9404-6f3d94313910>

Objetivo: Establecer la relación existente entre la autovaloración del estado periodontal y el consumo de vapeadores en adolescentes de Lima Metropolitana durante el año 2021.

Metodología: Se llevó a cabo un estudio de tipo observacional, analítico y de corte transversal. Durante 2021, se examinó a 189 jóvenes con edades comprendidas entre los 18 y los 29 años, todos ellos residentes en Lima Metropolitana. Para recoger la información sobre la autopercepción periodontal, se administró el cuestionario desarrollado por Quiroz et al., compuesto por 13 preguntas distribuidas en dos bloques (hábitos de higiene bucal y autopercepción del estado de las encías). Con el fin de explorar la asociación entre las variables categóricas y calcular las razones de prevalencia, tanto crudas como ajustadas, se aplicó regresión de Poisson con varianza robusta. Se fijó un nivel de significación de $p < 0,05$ y un intervalo de confianza del 95%.

Resultados: Entre los participantes que utilizaban cigarrillos electrónicos, el 29,73% manifestó una percepción desfavorable de su salud gingival. Se halló una asociación estadísticamente relevante entre dicha percepción negativa y el empleo de estos dispositivos, tanto en el modelo no ajustado (RP=0,81; IC 95%: 0,69–0,95; $p=0,011$) como en el ajustado por covariables (RP=0,82; IC 95%: 0,69–0,97; $p=0,021$). En cambio, no se observó relación entre la intensidad del sangrado al cepillarse y la presencia de encías enrojecidas o inflamadas.

Conclusiones: Se evidenció una vinculación entre la percepción negativa de la salud gingival y el uso de cigarrillos electrónicos (56).

- **Autor:** Yuri Freddy Curo-Valdivia y cols.

Título: “Impacto del uso de cigarrillos electrónicos en diversos problemas relacionados con la salud bucal: una revisión de alcance”. Trujillo. 2025

Fuente: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/odont/article/view/359505>

Introducción: El consumo de cigarrillos electrónicos ha experimentado un incremento a nivel global, particularmente entre la población joven. Investigaciones recientes señalan repercusiones nocivas sobre los tejidos bucales y la flora oral, así como una mayor predisposición a diversas patologías dentales. El propósito de este trabajo fue recopilar la evidencia disponible acerca de los efectos de los cigarrillos electrónicos en la salud bucodental.

Métodos: La presente revisión se ajustó a los lineamientos PRISMA-ScR, y se revisaron publicaciones comprendidas entre 2018 y 2024 en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO y LILACS. De un total inicial de 720 artículos, se seleccionaron 47, aplicando criterios de inclusión que priorizaban trabajos en inglés y español que evaluaran las consecuencias de los cigarrillos electrónicos sobre distintos aspectos de la salud oral.

Resultados: Se subrayaron las consecuencias desfavorables en la salud periodontal, los cambios en la microbiota bucal, la caries dental y la función salival, además de las alteraciones celulares y hísticas, la estética dental, la condición periimplantaria, el bienestar vinculado a la salud bucodental, las prácticas de higiene oral y el desarrollo de Candida albicans, todos ellos factores determinantes en la salud bucal. El empleo de estos dispositivos tiende a exacerbar la inflamación gingival, modificar la composición de la microbiota bucal e influir en la secreción salival, lo que eleva el riesgo de caries y periodontitis. Asimismo, ciertas sustancias presentes en el aerosol de los cigarrillos electrónicos, entre ellas los saborizantes, podrían desencadenar efectos citotóxicos y comprometer la integridad estructural de los materiales dentales, afectando su estabilidad y apariencia.

Conclusiones: Aunque los cigarrillos electrónicos suponen un peligro menor en comparación con el tabaco tradicional, no deben subestimarse sus repercusiones en la salud bucal (57).

- **Autor:** Gonzales Riega, Jeremy Jesús.

Título: “Uso de cigarros electrónicos y su relación a la salud bucal en adultos de la provincia constitucional del Callao”. Lima. 2021.

Fuente: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/11391>

Este estudio tuvo como propósito establecer la relación existente entre el consumo de cigarrillos electrónicos y el estado de salud dental en habitantes de la Provincia Constitucional del Callao durante el año 2021. Se llevó a cabo una investigación de carácter no experimental, descriptiva, transversal, prospectiva y con alcance correlacional, en la que participaron 245 individuos de ambos sexos, cuyas edades oscilaban entre los 18 y los 52 años. Como instrumento de recolección de datos se empleó una encuesta. Los resultados revelaron que el 61,2% de los encuestados hacía uso de cigarrillos electrónicos, mientras que el 51,4% presentaba una condición de salud dental deficiente. En relación con el sexo, se registró una mayor prevalencia de consumidores de estos dispositivos en el grupo masculino (31,0%), aunque también fue en este grupo donde se observó el mayor porcentaje de salud dental excelente (29,0%). En cuanto a la edad, el segmento de 25 a 31 años concentró la proporción más alta de usuarios (27,8%) y, a su vez, el mayor índice de salud dental óptima (31,4%). El análisis mediante el coeficiente de correlación de Spearman arrojó un valor de 0,333, lo que indica una correlación positiva moderada entre las variables estudiadas y permite aceptar la hipótesis alternativa. En consecuencia, se concluye que existe una asociación estadísticamente significativa entre el uso de cigarrillos electrónicos y la salud dental en la población de la Provincia Constitucional del Callao durante el año 2021 (58).

3.2.2. Internacionales:

- **Autor:** Cristian Camilo Morales Lastre y cols.

Título: "Efectos del vapeo sobre la salud bucodental". Cuba. 2024

Fuente: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572024000300041

Introducción: El consumo de tabaco constituye un factor de riesgo fundamental de fallecimientos y enfermedades prevenibles a escala mundial. El vapeo suele ser percibido como una alternativa menos perjudicial para la salud en comparación con el cigarrillo convencional. Esta creencia errónea ha propiciado un crecimiento acelerado en la utilización de estos aparatos.

Objetivo: Analizar la repercusión del vapeo sobre las estructuras de la cavidad bucal.

Métodos: En diciembre de 2023 se efectuó una revisión bibliográfica en siete bases de datos, empleando los descriptores: efectos, cigarrillo electrónico, sistemas electrónicos de administración de nicotina, salud bucodental e higiene oral, tanto en inglés como en español. Se recuperaron 153 publicaciones, de las cuales se escogieron 48 por su pertinencia con los propósitos del estudio.

La enfermedad periodontal afecta a los tejidos que sostienen los dientes y puede agravarse con el empleo de cigarrillos electrónicos, ya que estos alteran la microbiota oral y la respuesta inmunitaria, incrementando así el riesgo de periodontitis. El vapeo eleva la probabilidad de padecer caries dentales, sequedad bucal, candidiasis, deterioro de la estética dental y podría favorecer la aparición de neoplasias orales. Asimismo, los cigarrillos electrónicos pueden provocar, al accionarse, traumatismos bucales severos como fracturas dentoalveolares, desplazamientos dentales, avulsiones y hematomas, entre otras lesiones.

Conclusiones: La salud de la boca resulta esencial para el bienestar integral de las personas, y el vapeo plantea múltiples desafíos en este ámbito. La evidencia científica recopilada respalda los efectos perjudiciales que estos dispositivos

ejercen sobre la cavidad oral, lo cual puede repercutir de manera relevante en la calidad de vida (59).

- **Autor:** Megino-Blasco L y cols.

Título: “Afectación bucodental por la explosión de cigarrillos electrónicos”. España. 2025.

Fuente: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712025000100006

Objetivo: Examinar la patología oral que puede ser inducida por la explosión de cigarrillos electrónicos con baterías de litio. Se realizó una revisión bibliográfica en la base de datos PubMed, sin restricciones de fecha ni idioma. Resultados: Se analizaron ocho artículos publicados entre 2016 y 2024. Conclusiones: El manejo de pacientes afectados por explosiones de cigarrillos electrónicos debe incluir un equipo multidisciplinario, con el odontólogo desempeñando un papel fundamental cuando la incidencia afecta al sistema estomatognático. Un diagnóstico y tratamiento precisos, junto con un seguimiento a corto y largo plazo, son cruciales para minimizar la morbilidad del paciente (60).

- **Autor:** Maurílio Rodrigues dos Santos Júnior y cols.

Título: “Los efectos del cigarrillo electrónico en la cavidad oral”. Brasil. 2025

Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/396208328_Os_efeitos_do_cigarro_eletronico_na_cavidade_oralThe_effects_of_electronic_cigarettes_on_the_oral_cavityLos efectos del cigarrillo electrónico en la cavidad oral

Los cigarrillos electrónicos, también denominados "vapeadores", son dispositivos capaces de ocasionar repercusiones desfavorables en la cavidad oral, tales como trastornos periodontales y dentales de consideración, afecciones en la mucosa bucal, alteraciones en la flora microbiana y en las glándulas salivales, así como una reparación deficiente de los tejidos lesionados. El presente trabajo se propuso examinar, sintetizar y exponer los principales efectos que los cigarrillos electrónicos generan en la boca. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica

integradora en las bases de datos PubMed (MEDLINE, PubMed Central, SciELO y LILACS) para responder al interrogante central: "¿Cuáles son las repercusiones de los cigarrillos electrónicos en la cavidad bucal?". Se consideraron pertinentes nueve publicaciones que resaltaban las posibles consecuencias adversas derivadas del uso de estos dispositivos en la boca, entre ellas periodontitis, caries, desequilibrio microbiano, patologías de la mucosa oral y disminución del flujo salival. Además del perjuicio ocasionado en la cavidad bucal, los cigarrillos electrónicos pueden desencadenar alteraciones cardiovasculares y pulmonares. Por ello, resulta indispensable que los profesionales de la odontología comprendan el impacto del consumo de cigarrillos electrónicos en la boca, a fin de facilitar diagnósticos certeros, orientar a los pacientes y promover el cese del hábito. El conocimiento fundamentado en pruebas científicas sobre los efectos nocivos en la cavidad oral es clave para fomentar la concienciación y poner en marcha medidas preventivas mediante políticas públicas y formación continua (61).

4. HIPÓTESIS

Dado que el humo de cigarrillos electrónicos contiene compuestos químicos capaces de penetrar y ¹alterar la matriz orgánica de las resinas nanohíbridas,

Es probable que su exposición prolongada reduzca significativamente ¹la microdureza superficial de las tres marcas de resinas nanohíbridas del estudio, influyendo directamente en el fracaso de las restauraciones.

¹ **CAPITULO II**

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL (METODOLOGÍA)

1. METODOLOGÍA

1.1. Clasificación Taxonómica de la Investigación

a. Propósito del Estudio

La investigación es de tipo **Aplicada**. Su enfoque central no se limita a la recopilación, sino que busca la aplicación directa para resolver problemas técnicos en la odontología restauradora. El objetivo final es optimizar el rendimiento clínico y asegurar tratamientos más duraderos para los pacientes.

b. Enfoque Metodológico

El estudio adopta un enfoque **Cuantitativo**. Este enfoque se sustenta en la medición cuantificable y el empleo de registros numéricos rigurosos. Mediante el procesamiento estadístico de la información obtenida, se pretende examinar de forma estructurada la influencia que las variables independientes ejercen sobre la variable dependiente.

c. Diseño Investigativo

El diseño de la investigación es de carácter **Experimental in-vitro**. Este grado de investigación supone una actuación deliberada y regulada sobre el elemento analizado. Aquí, se modifican de forma intencionada los procedimientos con el propósito de medir y contrastar su efecto concreto en la microdureza de los compuestos.

d. Temporalidad

La investigación se clasifica como **Sincrónica (Transversal)**. Esto significa que la recolección de los datos y la ejecución de las pruebas mecánicas se realizan en un único momento temporal definido. Este enfoque es ideal para comparar los resultados, capturando la respuesta del material de forma inmediata tras el protocolo.

e. Nivel de Profundidad

El estudio alcanza un nivel de profundidad **Explicativo y comparativo**. No solo describe el fenómeno, sino que busca establecer una relación de causa-efecto y comparar el comportamiento entre las tres marcas de resinas.

f. ⁶ Unidad de Análisis

La unidad de análisis está constituida por **muestras de resina compuesta nanohíbrida**. Específicamente, se trata de especímenes en forma de cilindros de resina, elaborados bajo protocolos estrictos de confección. Estos elementos físicos son los que se someten a los distintos procesos de vapeo para obtener los valores de dureza necesarios para el estudio.

1.2. Matriz de Consistencia

TABLA 1 Cuadro de variables

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	ITEMS
ESTÍMULO: Resinas Nanohíbridas	VITTRA APS		
	FORMA		
	LUNA		
ESTÍMULO: Vapeo	Dispositivo Electrónico de Entrega de Nicotina (SEAN) / Vapeo		
1 RESPUESTA: Microdureza superficial	Niveles de microdureza	Baja	< 70 HV*
		Regular	> 70 y ≤ 90 HV
		Media	> 90 y ≤ 110 HV
		Alta	> 110 y ≤ 130 HV
		Muy alta	> 130 y ≤ 150 HV

* Dureza Vickers

1.3. Técnica de investigación

La técnica de investigación empleada en este estudio es la Observación Experimental, desarrollada bajo un diseño de estudio experimental in vitro en condiciones de laboratorio. Esta metodología permite el análisis de dos ejes principales: el Factor 1, correspondiente a la marca comercial de las resinas nanohíbridas evaluadas (Vitra APS, Forma y Luna), y el Factor 2, que define el protocolo de exposición al estímulo, comparando el grupo de control (sin exposición) frente a los grupos sometidos al aerosol del cigarrillo electrónico (vapeo).

¹⁰ La variable dependiente de esta investigación es la microdureza superficial, la cual se cuantifica mediante la escala de dureza Vickers (HV). Esta medición se realiza a través de ensayos de microindentación, lo que permite transformar la respuesta física del material en datos numéricos precisos.

¹ 1.4. Técnica de ejecución de investigación

1.4.1 Selección de muestras

La cantidad de muestras se justificó por el hecho de que se fabricaron cuarenta y ocho especímenes experimentales, que consistían en bloques cilíndricos de resina, de las marcas seleccionadas. Estos especímenes ¹⁰ se prepararon de acuerdo con las normas internacionales de ensayo, como la ISO 4049, y teniendo en cuenta investigaciones previas comparables. Para la producción de los especímenes de ensayo se utilizó un molde metálico de ocho milímetros de diámetro y cuatro milímetros de espesor, según lo solicitado por el fabricante. Cada cilindro se sometió a un proceso de fotocurado, realizado de acuerdo con el protocolo definido o las especificaciones proporcionadas por el fabricante, utilizando tecnología LED de vanguardia. Dado que este procedimiento no altera sustancialmente la medición de la dureza, no fue necesario realizar ningún tratamiento de abrasión o bruñido en la superficie de las muestras.

1.4.2 Tamaño de la muestra

- Validación según antecedentes: con los niveles de confianza y poder estándar, la mayoría de los antecedentes en biomateriales indican que un N entre 7 y 10 especímenes por grupo es suficiente para obtener un poder estadístico adecuado. Utilizar 8 muestras por grupo no solo cumple con la norma, sino que también permite absorber posibles pérdidas accidentales durante la manipulación sin perder el poder necesario para las pruebas de ANOVA y Tukey que se realizaron
- Validación Normativa: El proyecto menciona explícitamente que el número de muestras se determinó siguiendo la norma ISO 4049. Esta norma internacional estandariza los requisitos para materiales poliméricos de restauración y valida que $n = 8$ es técnicamente aceptable para este tipo de ensayos in vitro.

1.4.3 Criterios para las muestras

- **Criterios de Inclusión**

- Categoría de material: Deben ser exclusivamente resinas compuestas de clasificación nanohíbrida.
- Presentación comercial: Resinas que se encuentren vigentes en el mercado odontológico y con fecha de caducidad no menor a seis meses tras la fase experimental.
- Estandarización de color: Todas las muestras deben ser de matiz A2 (escala Vita) para evitar que la cantidad de pigmentos influya en el grado de polimerización y la dureza inicial.
- Integridad física: Muestras que presenten superficies completamente planas, sin porosidades, grietas o burbujas tras el proceso de pulido inicial.

- **Criterios de Exclusión**

- Materiales de otra categoría: Resinas de microrrelleno, macrohíbridas, resinas tipo Bulk-fill o compómeros.
- Manipulación defectuosa: Especímenes que hayan sido polimerizados con lámparas de fotocurado con una potencia menor a 800 mW/cm^2 .

- Contaminación de la muestra: Resinas que hayan tenido contacto con humedad, lubricantes de piezas de mano o sustancias químicas antes de la exposición al aerosol del cigarrillo electrónico.
- Fallas en la preparación: Muestras cuyas dimensiones (diámetro y espesor) varíen en más de un 5% respecto al molde estandarizado diseñado para el estudio.
- Almacenamiento inadecuado: Resinas que no hayan sido mantenidas en suero y a temperatura ambiente antes de las pruebas de indentación.

1.4.4 Protocolo de Exposición

Se utilizará un dispositivo de sistema abierto (Mod) con una resistencia de 0.15 - 0.30 Ω , operando a una potencia constante (ej. 40W - 60W).

E-liquid: Se empleará una solución base de Propilenglicol (PG) y Glicerina Vegetal (VG) en relación 70/30, con una concentración de nicotina de 3 mg/ml.

Debido a que las resinas no "fuman", se debe construir o adaptar una cámara de vacío controlada.

Se programará un protocolo de "puffs" o caladas. El estándar común es:

- Duración de la calada: 3 segundos.
- Frecuencia: 2 caladas por minuto.
- Volumen total: 10 a 15 ciclos diarios durante un periodo de 10 a 15 días (simulando un consumidor moderado).

Intervención: Entre ciclos, las muestras se mantendrán en suero fisiológico para simular el ambiente oral real.

1.4.5 Preparación de muestras y metodología

Los 48 especímenes se clasificaron en tres conjuntos fundamentales, designados como A, B y C, en función de las tres resinas objeto de la investigación, y se asignaron de la manera que se detalla a continuación:

- Grupo A: dividido en 2 subgrupos:

- A1: Se trata de 8 bloques cilíndricos elaborados con la resina Vittra APS, los cuales fueron fabricados depositando el material de forma directa sobre el molde, todo ello apoyado en una lámina de vidrio. El material se fue añadiendo por capas sucesivas hasta llenar por completo el molde. La superficie de la probeta que quedó en contacto con la lámina de vidrio fue la que se empleó para evaluar la dureza. Posteriormente, las muestras se mantuvieron en solución salina hasta ser llevadas al durómetro de la marca GOYOJO, instrumento con el cual se determinó la microdureza. Este conjunto constituye el grupo de referencia.
- A2: Se elaboraron 8 piezas cilíndricas con la resina denominada Vittra APS, las cuales fueron fabricadas mediante la colocación directa del material sobre el molde, apoyado todo ello en una base de vidrio. La resina se fue añadiendo por capas sucesivas hasta llenar totalmente el molde. La superficie de la muestra que se encuentra orientada hacia la base de vidrio es aquella en la que se evalúa la dureza. Posteriormente, las muestras se mantuvieron en solución salina. Las probetas se exponen al vapor o aerosol generado por el Sistema Electrónico de Administración de Nicotina (SEAN) / Vapeador. A lo largo de estas fases, las muestras se conservaron en solución salina. Concluido ese intervalo, los cilindros fueron llevados al equipamiento de dureza de la firma GOYOJO, un dispositivo que se emplea para establecer el nivel de microdureza.
- Grupo B: dividido en 2 subgrupos:
 - B1: Se trata de 8 bloques cilíndricos fabricados con la resina FORMA, los cuales fueron elaborados depositando el material de forma directa en el molde, todo ello apoyado sobre una lámina de vidrio. El material se fue añadiendo en capas sucesivas hasta rellenar por completo el molde. La superficie de la probeta orientada hacia la lámina de vidrio fue aquella en la que se evaluó la dureza. Posteriormente, las muestras se mantuvieron en solución salina hasta ser trasladadas al durómetro de la marca GOYOJO, instrumento con el cual se determina la microdureza. Este conjunto corresponde al grupo de referencia.

- B2: Se elaboraron 8 piezas cilíndricas empleando la resina FORMA, las cuales se fabricaron mediante la colocación directa del material dentro del molde, apoyado todo esto sobre una superficie plana de vidrio. La resina se fue depositando por capas sucesivas hasta llenar la totalidad del molde. La superficie del espécimen que queda orientada hacia la placa de vidrio es la que se emplea para evaluar la dureza. A continuación, las muestras se mantuvieron en solución salina. Dichas muestras se exponen al vapor o aerosol proveniente del Sistema Electrónico de Administración de Nicotina (SEAN) / Vapeador. Durante estos pasos, las probetas se preservaron en solución salina. Finalizado ese lapso, los cilindros se condujeron al durómetro de la casa GOYOJO, instrumento mediante el cual se procedió a cuantificar la microdureza.
- Grupo C: dividido en 2 subgrupos:
 - C1: Se han preparado 8 cuerpos cilíndricos con la resina LUNA, los cuales se elaboraron vertiendo el material directamente en el molde, apoyado todo ello sobre una placa de vidrio. El material se fue agregando por capas hasta rellenar por completo el molde. La superficie de la probeta orientada hacia la placa de vidrio es la que se emplea para evaluar la dureza. Después, los especímenes se mantuvieron en solución salina hasta ser trasladados al durómetro de la marca GOYOJO, con el cual se cuantifica la microdureza. Este conjunto constituye el grupo de referencia.
 - C2: Se fabricaron 8 probetas cilíndricas utilizando la resina LUNA, las cuales se elaboraron depositando el material de forma directa sobre el molde, todo ello apoyado en una base de vidrio. Dicho material se fue añadiendo por capas sucesivas hasta llenar la totalidad del molde. La superficie del espécimen que queda orientada hacia la base de vidrio es la que se utiliza para medir la dureza. Posteriormente, las muestras se almacenaron en solución salina. Dichas muestras se exponen al vapor o aerosol generado por el Sistema Electrónico de Administración de Nicotina (SEAN) / Vapeo. En los intervalos entre estos procedimientos, las probetas se mantuvieron en solución salina. Tras la conclusión de ese

lapso, los cilindros fueron llevados al durómetro de la firma GOYOJO, equipo mediante el cual se procede a medir la microdureza.

1.4.6 Instrumentos

a) Instrumento documental:

TABLA 2 Ficha de observación

Marca de Resina	
Muestra	Microdureza (HV)*
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

* Dureza Vickers

1.4.7 Materiales

- Resinas de fotocurado Vittra APS, Forma™, Luna
- Dispositivo Electrónico de Entrega de Nicotina (SEAN) / Vapeo
- 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
A1	VITTRA APS	Control	8	Microdureza
A2	VITTRA APS	Vapeo	8	Microdureza
B1	FORMA	Control	8	Microdureza
B2	FORMA	Vapeo	8	Microdureza
C1	LUNA	Control	8	Microdureza
C2	LUNA	Vapeo	8	1 Microdureza

3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Organización

Los datos obtenidos luego de la experimentación serán registrados, organizados y codificados como datos numéricos, lo que permitirá su adecuada sistematización y análisis. Este tratamiento facilitará la aplicación de procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales, así como la comparación entre grupos experimentales. Asimismo, el manejo cuantitativo de la información contribuirá a garantizar la objetividad, precisión y reproducibilidad de los resultados, permitiendo realizar las operaciones correspondientes de manera ordenada y coherente con los objetivos del estudio.

3.2. Recursos

Recursos Humanos

- Investigador: Raphael Gonzalo Peraltilla Medina
- Asesor: Dra. Lenia Victoria Teresa Cáceres Bellido

Recursos Físicos

Durante el transcurso de las pruebas experimentales, se pondrá a disposición cierto equipamiento. Este equipamiento incluirá un microdurómetro, que se utilizará para medir la dureza superficial, así como los instrumentos necesarios para la correcta preparación y homogeneización de los bloques de resina (moldes), lo que garantizará la uniformidad entre las muestras. Asimismo, se facilitará el acceso a una conexión de red y a los recursos informáticos pertinentes para permitir el procesamiento, la sistematización y el análisis estadístico de los datos obtenidos mediante el uso de software de aplicación.

Recursos económicos

Se contará con recursos propios del tesista encargado de la investigación, los cuales permitirán cubrir los requerimientos básicos para el desarrollo del estudio, tales como la adquisición de materiales, insumos y otros gastos operativos necesarios. Esta disponibilidad de recursos asegura la continuidad del proyecto sin depender de financiamiento externo.

¹ Recursos institucionales

Universidad Católica de Santa María

Universidad Nacional de San Agustín

TABLA 4 Cronograma de actividades

Tiempo Actividades	2026												
	Enero				Marzo			Abril			Mayo		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Proyecto de investigación													
Experimento. Elaboración de sustento teórico													
Análisis de resultados y estadística													
Borrador de tesis. Revisión por los jurados													
Sustentación													

4. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

1 4.1. A nivel de procesamiento o sistematización

a) Tipo de procesamiento

La totalidad de los procedimientos ejecutados, así como los datos o hallazgos que de ellos se deriven, serán manejados por intervención humana directa. En definitiva, tanto las operaciones prácticas como la gestión de los resultados se desarrollarán de manera artesanal, paso a paso.

2 b) Plan de operaciones

b.1 Clasificación de datos

El conjunto completo de datos que sea recolectado será organizado dentro de una estructura tabular (como una matriz) empleando un software de hojas de cálculo electrónicas, específicamente Excel, con la finalidad de que pueda ser sometido a un tratamiento automatizado. De esta manera, se facilitará el análisis sistemático de la información sin necesidad de intervención manual en cada paso.

b.2 Análisis

1
TABLA 5 Análisis Estadístico

Variable	Tipo	Escala de Medición	Medidas Estadísticas	Pruebas estadísticas
Microdureza	Experimental, aplicada, transversal y comparativo	De Razón (HV)	Media aritmética, desviación, máximo y mínimo	Shapiro-Wilk T de Student Anova Tukey

b.3 Tabulación

Los valores cuantitativos obtenidos, junto con los hallazgos derivados del análisis, serán dispuestos de forma ordenada en representaciones gráficas de tipo matricial, específicamente en cuadros sinópticos o tablas propias del análisis estadístico. Esto permitirá una visualización clara y estructurada de toda la información generada.

b.4 Graficación

Las representaciones visuales que se emplearán en el análisis corresponderán, por un lado, a gráficos de líneas que permitan observar evoluciones o patrones a lo largo de una secuencia, y por otro lado, a gráficos de barras verticales (columnas) ideales para comparar magnitudes entre distintas categorías.

1

4.2. A nivel del estudio de los datos

a) Metodología de interpretación de datos

La información recopilada se categorizará y estructurará posteriormente. A continuación, se compararán los resultados obtenidos en cada conjunto experimental para analizar el rendimiento de las resinas investigadas.

b) Modalidades de interpretación

Cada cuadro o tabla estadística contará con su propia interpretación. En este apartado se explicarán de forma clara los hallazgos numéricos, detallando qué significan los valores encontrados en las pruebas de dureza.

c) Procedimiento para analizar las tablas

10

Para el análisis de los datos se emplearán métodos lógicos de pensamiento. Se utilizará el análisis y la síntesis para resumir los resultados, así como la inducción y deducción para establecer conclusiones generales a partir de los casos específicos observados.

69

d) Niveles de interpretación

Al examinar la información, se buscará alcanzar un nivel descriptivo y explicativo. Esto significa que no solo se mostrarán los datos en las tablas, sino que también se explicará de forma sencilla esos resultados.

13

4.3. A nivel de conclusiones

Las conclusiones del presente estudio se establecerán tomando como base fundamental las interrogantes principales, así como los objetivos generales y específicos planteados en el trabajo. Además, se considerará como eje central la hipótesis formulada, permitiendo así validar o refutar los supuestos iniciales del estudio.

² **CAPITULO III**

RESULTADOS

TABLA 6 Prueba de Normalidad

GRUPO	SHAPIRO - WILK (W)	P	Muestras (n)
VITTRA APS			
Control	0.960	0.811	8
Vapeo	0.971	0.905	8
FORMA			
Control	0.964	0.846	8
Vapeo	0.904	0.313	8
LUNA			
Control	0.956	0.767	8
Vapeo	0.967	0.871	8

*Matriz de datos

Tras aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a los datos, se observó que todos los subgrupos analizados presentaban niveles de significancia (P) significativamente superiores al umbral predeterminado de 0,05. Los registros de microdureza superficial correspondientes a las 48 muestras se ajustan a una distribución normal, lo que respalda estadísticamente el uso posterior de métodos paramétricos, como la prueba t de Student para comparaciones entre dos grupos y el análisis de varianza (ANOVA) para comparaciones múltiples. Estos resultados demuestran que los registros de microdureza superficial se ajustan a una distribución normal.

FIGURA 1 Prueba de Normalidad

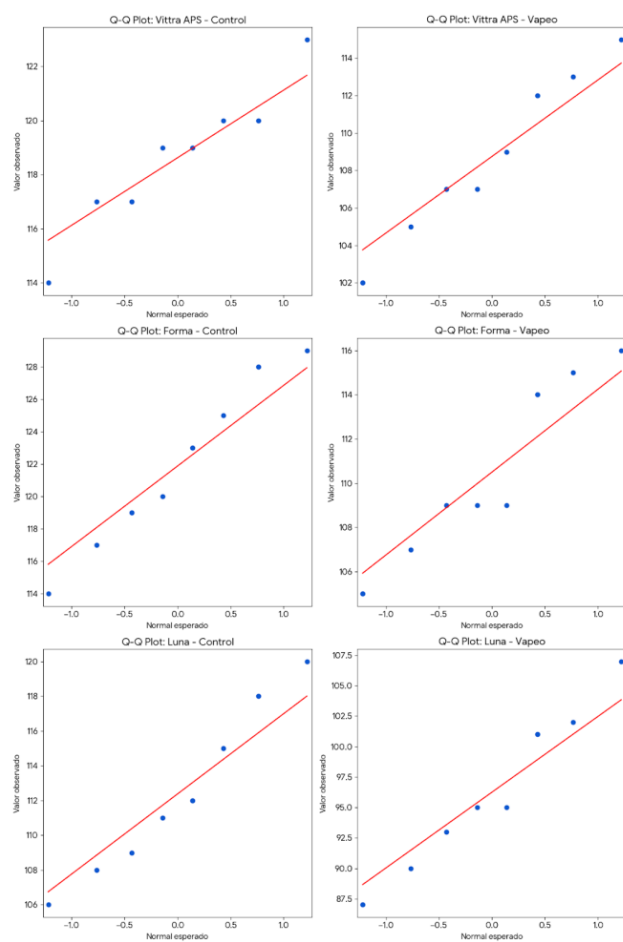


TABLA 7 Efecto del vapeo en la resina Vittra APS

RESINA VITTRA APS Microdureza	Grupo de Estudio	
	Control	Vapeo
Media Aritmética (Promedio)	118.63	108.75
Desviación Estándar	2.67	4.37
Valor Mínimo	114	102
Valor Máximo	123	113
Total Muestras	8	8

*Matriz de datos

P = 0,000 (P < 0,05) S.S.

El análisis de los efectos generados por el vapor del cigarrillo electrónico sobre la resina Vittra APS, efectuado mediante la prueba T de Student, evidencia un descenso notorio en la microdureza de la capa externa, que pasa de un valor medio de 118.63 HV en el conjunto testigo a 108.75 HV una vez sometida a la exposición del vapeo. Este descenso es estadísticamente significativo debido a que el valor de probabilidad obtenido ($P = 0.000$) es mucho menor a 0.05, lo que confirma que los componentes químicos del aerosol interactúan negativamente con la matriz orgánica de este material.

FIGURA 2 Efecto del vapeo en la resina Vittra APS

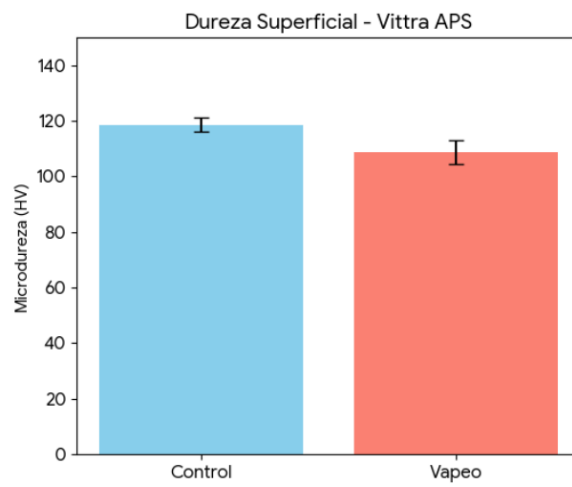


TABLA 8 Efecto del vapeo en la resina Forma™

RESINA FORMA Microdureza	Grupo de Estudio	
	Control	Vapeo
² Media Aritmética (Promedio)	121.88	110.50
Desviación Estándar	5.30	4.00
Valor Mínimo	114	105
Valor Máximo	129	116
Total Muestras	8	¹ 8

*Matriz de datos

P = 0,000 (P < 0,05) S.S.

Según los resultados de la Tabla N° 3, la resina Forma experimentó una reducción en su microdureza Vickers al ser sometida al protocolo de vapeo, pasando de un promedio de 121.88 HV a 110.50 HV, lo cual representa una alteración ³mediante la prueba T de Student. La significancia estadística alcanzada (P = 0.000) clasifica este hallazgo como Altamente Significativo (S.S.), a pesar de tener la dureza inicial más alta entre las tres marcas evaluadas.

FIGURA 3 Efecto del vapeo en la resina Forma™

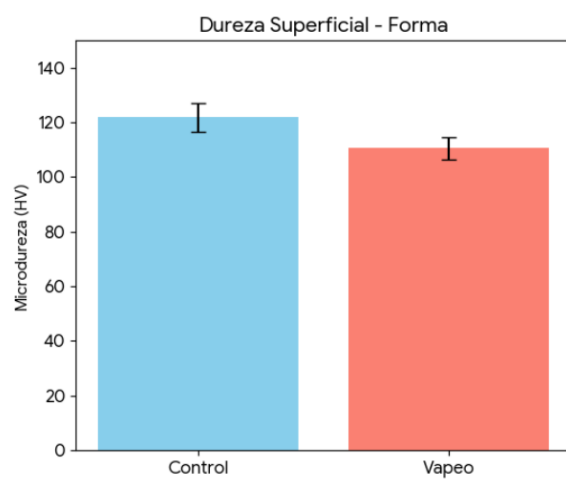


TABLA 9 Efecto del vapeo en la resina Luna

RESINA LUNA Microdureza	Grupo de Estudio	
	Control	Vapeo
Media Aritmética (Promedio)	112.38	96.25
² Desviación Estándar	4.93	6.65
Valor Mínimo	106	87
Valor Máximo	120	107
Total Muestras	8	8

*Matriz de datos

P = 0,000 (P < 0,05) S.S.

El examen de los hallazgos pone de manifiesto que la resina Luna presentó la mayor susceptibilidad frente al vapor del cigarrillo electrónico, al experimentar un descenso en su microdureza superficial desde 112.38 HV hasta 96.25 HV, valor que resultó ser el más reducido de todo el ensayo experimental. La aplicación del contraste estadístico T de Student proporcionó un valor de $P = 0.000$, lo que confirma una diferencia estadísticamente relevante (S.S.) entre el conjunto control y el grupo sometido a la exposición.

FIGURA 4 Efecto del vapeo en la resina Luna

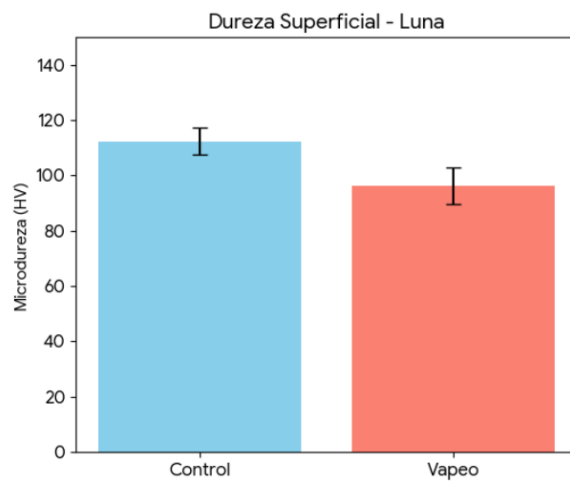


TABLA 10 Comparación de la microdureza tras el vapeo entre las 3 resinas

RESINA	Media (HV)	D.E.
Vittra APS (A2)	108.75	4.37
Forma (B2)	110.50	4.00
Luna (C2)	96.25	6.65

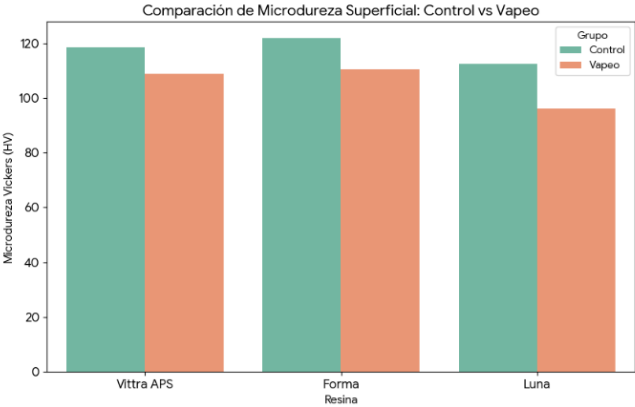
¹Matriz de datos

P = 0,000 (P < 0,05) S.S.

A2 = B2 > C2

Finalmente, el contraste de la dureza entre las tres marcas posteriores a la exposición al vapeo, efectuado mediante el ensayo ³de Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba complementaria de Tukey, evidencia la existencia de variaciones de relevancia estadística muy elevada entre los tres productos (P = 0.000). Por su parte, el test de Tukey precisa que las resinas Vittra APS y Forma presentan un rendimiento análogo entre sí y carecen de distinciones desde el punto de vista estadístico; no obstante, ambas superan de manera notable en dureza a la resina Luna después del vapeo.

FIGURA 5 Comparación de la microdureza tras el vapeo entre las 3 resinas



DISCUSIÓN

Al analizar integralmente los hallazgos del estudio, considero que los objetivos planteados se han cumplido satisfactoriamente al haber cuantificado con precisión el impacto del aerosol del cigarrillo electrónico ¹⁸ sobre la microdureza superficial de cada una de las resinas nanohíbridas. Al dar respuesta a las interrogantes planteadas, logré determinar que la exposición al vapeo actúa como un factor crítico en la degradación de la integridad mecánica de estos biomateriales. En consecuencia, la hipótesis de investigación ha quedado plenamente validada, ya que los resultados estadísticos demostraron, sin excepción, una reducción significativa en los valores Vickers de las tres marcas evaluadas —Vittra APS, Forma y Luna—, confirmando que los compuestos químicos y las variaciones térmicas del aerosol alteran de forma irreversible la red de polimerización y la cohesión de la matriz orgánica de los compuestos. Esta relación de causalidad probada ratifica que el uso de estos dispositivos electrónicos representa un riesgo tangible para la estabilidad y longevidad de las restauraciones orales.

En primer lugar, en el caso del antecedente nacional, la investigación de Becerra Miguras realizado el 2022 (56), sobre la ³ autopercepción de la salud periodontal en jóvenes de Lima ofrece un contraste interesante con mis mediciones objetivas. La autora encontró que los vapeadores perciben una mala condición de sus encías, y mi estudio añade una dimensión técnica a esa preocupación: la fragilidad de sus restauraciones. Al demostrar que la microdureza superficial disminuye significativamente en todas las marcas evaluadas, especialmente en la resina Luna, apporto una base científica que justifica la preocupación del paciente; el daño percibido subjetivamente en los tejidos blandos ⁸ ocurre simultáneamente con una degradación física real y medible en los materiales dentales de sus restauraciones.

Se observó una fuerte correlación entre mi estudio y el trabajo nacional de Curo-Valdivia del 2025 (57), quien menciona explícitamente que los saborizantes y compuestos del vapor inducen ⁴ cambios en la estructura de los materiales dentales. Mi investigación pone a prueba esa premisa y la valida cuantitativamente, identificando que la resina Forma, a pesar de su alta resistencia inicial, pierde estabilidad mecánica al igual que las otras dos marcas del estudio evaluadas. Al cuantificar la caída de la dureza Vickers en 48 muestras, he podido proporcionar la evidencia física de esas alteraciones estructurales que el autor del antecedente describió de forma general en su revisión sistemática.

Finalmente, al analizar el estudio de Gonzales Riega del año 2021 realizado en el Callao (58), se percibe una conexión directa entre su hallazgo de una "mala salud bucal" en usuarios de cigarrillos electrónicos y mis resultados experimentales. Si bien su enfoque fue descriptivo y basado en encuestas de salud, mis datos explican una de las causas técnicas de ese deterioro: el reblandecimiento superficial de las resinas. Mientras el autor observó una correlación positiva entre el uso del dispositivo y la mala salud oral, mi trabajo demuestra que parte de ese fracaso clínico se debe a que las resinas nanohíbridas no logran mantener su dureza ante el aerosol, facilitando el desgaste prematuro de las piezas restauradas.

Al contrastar mis hallazgos con el estudio de Morales Lastre y colaboradores del 2024 realizado en Cuba (59), encuentro una coincidencia fundamental en la capacidad degradativa del vapeo sobre las estructuras bucales. Mientras que ellos reportan de manera general alteraciones en la estética y salud oral, mi investigación aporta un dato mecánico preciso: la reducción de la microdureza en resinas nanohíbridas como Vittra APS, Forma y Luna. Esta disminución de la dureza superficial que observé confirma su advertencia sobre los riesgos estructurales de estos dispositivos, demostrando que el aerosol no solo afecta los tejidos vivos, sino que compromete directamente la integridad de las restauraciones estéticas.

Por otro lado, la revisión del estudio español de Megino-Blasco del año 2025 (60) se centra en los daños traumáticos causados por la explosión de baterías en cigarrillos electrónicos, lo cual difiere del enfoque químico y mecánico de mi trabajo. Sin embargo, considero que mi estudio complementa su perspectiva al demostrar que, incluso cuando el dispositivo funciona correctamente y no ocurren accidentes físicos, existe un daño "silencioso" y constante sobre los biomateriales dentales. De este modo, los resultados de nuestra investigación revelan que la degradación por contacto con el aerosol es un riesgo clínico tan real como los traumatismos descritos por dicho autor, aunque de naturaleza microscópica.

En lo que respecta a la investigación de Rodrigues dos Santos Júnior y cols. Del año 2025 realizado en Brasil (61), sus conclusiones sobre la disbiosis y las alteraciones en la mucosa oral encuentran un eco experimental en mis pruebas de microdureza. Ellos sugieren que los componentes del vapor pueden inducir cambios en la cavidad oral, y mis datos de laboratorio lo ratifican al mostrar cómo las resinas del estudio descendieron drásticamente. Esta vulnerabilidad del material ante el aerosol apoya la tesis brasileña de que el vapeo es un agente agresor multifactorial que debilita tanto el entorno biológico como los materiales restauradores del paciente.

Al analizar el estado del arte actual, se observa que la literatura científica internacional ha experimentado un giro crítico, desplazando el foco de atención desde los efectos puramente sistémicos hacia las repercusiones clínicas locales en la cavidad bucal. El consenso actual entre los investigadores sugiere que los sistemas electrónicos de administración de nicotina, lejos de ser una alternativa inocua al tabaco convencional, presentan desventajas estructurales profundas debido a la naturaleza higroscópica de sus componentes principales: el propilenglicol y la glicerina vegetal. Diversos estudios contemporáneos han comenzado a reportar que estos solventes orgánicos, al entrar en contacto con las restauraciones, actúan como agentes de sorción que debilitan los enlaces cruzados de la matriz polimérica. Mi investigación se alinea con esta vanguardia científica al demostrar que el daño no es solo estético, sino mecánico y medible. El estado del arte nos indica que nos encontramos ante un desafío clínico emergente donde la evidencia acumulada —aunque todavía en desarrollo respecto a los efectos de largo plazo— ya es lo suficientemente contundente para catalogar al vapeo como un factor de riesgo primario en el fracaso de los biomateriales odontológicos modernos.

CONCLUSIONES

PRIMERA

Tras la exposición al aerosol del cigarrillo electrónico, la resina Vittra APS presentó una disminución significativa en su microdureza superficial, alcanzando un valor promedio de 108.75 HV.

SEGUNDA

La resina Forma también sufrió una degradación importante al ser sometida al vapeo, registrando un promedio final de 110.50 HV. Esto indica una disminución evidente en comparación con su dureza inicial que en promedio fue de 121.88 HV.

TERCERA

En cuanto a la resina Luna, se determinó que después de ser sometida al humo del vapeador, su microdureza superficial descendió drásticamente hasta los 96.25 HV, el valor más bajo de toda la investigación.

CUARTA

Al comparar el comportamiento de las tres resinas, se concluye que la marca Luna fue la que presentó la mayor disminución en su microdureza superficial tras la exposición al aerosol. Mientras que Vittra APS y Forma similares entre sí luego de someterlos al vapeo.

QUINTA

Finalmente, se concluye de manera definitiva que el aerosol de los cigarrillos electrónicos tiene un efecto nocivo sobre la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas estudiadas. La exposición constante a los componentes del "vapeo" reduce las propiedades mecánicas de estos materiales, lo que sugiere un riesgo elevado de desgaste prematuro y fracaso clínico de las restauraciones estéticas en pacientes usuarios de estos dispositivos.

RECOMENDACIONES

1. Se aconseja a la población en general limitar o prescindir del empleo de cigarrillos electrónicos, dado que está comprobado que su vapor resulta nocivo para la estabilidad de los materiales empleados en restauraciones dentales. Debido a que el vapeo reduce significativamente la microdureza superficial de las resinas, este hábito acelera el desgaste físico de las restauraciones, comprometiendo su longevidad, lo que eventualmente derivará en la necesidad de recambios prematuros y mayores costos.
2. Se propone a los futuros investigadores continuar explorando esta temática mediante la alteración de las condiciones experimentales, como, por ejemplo, el empleo de otras marcas de resinas compuestas. Asimismo, se recomienda ampliar los tiempos de exposición (simulando periodos de meses o años) y variar las concentraciones de nicotina o tipos de saborizantes.
3. Se recomienda a los odontólogos incorporar en la anamnesis y ficha clínica preguntas específicas sobre el uso de sistemas electrónicos de administración de nicotina (SEAN). Ante un paciente usuario de estos dispositivos, el profesional debe ser meticuloso en la elección de los materiales de restauración, priorizando marcas que hayan demostrado mayor estabilidad mecánica y evitando aquellas con alta susceptibilidad, además de programar controles más frecuentes para vigilar la integridad de los márgenes y la superficie restaurada.
4. Se sugiere a los fabricantes de dispositivos de vapeo para que actúen con mayor transparencia, indicando claramente en sus fichas técnicas las contraindicaciones e interacciones químicas de sus productos. Los fabricantes de resinas deberían realizar pruebas de resistencia ante aerosoles de vapeo como parte de su control de calidad, mientras que las empresas de cigarrillos electrónicos deberían informar sobre el potencial degradativo sobre los materiales dentales, permitiendo así que el usuario y el profesional tomen decisiones informadas basadas en el riesgo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Catherine Girvalaki MNTAIV,PDSMKAMT. Composición química y efectos en salud del aerosol de cigarrillos electrónicos: revisión narrativa. Revista Española de Salud Pública. 2020; 94.
2. Hani Alzraikat MFBGAMNAT. Efecto de la degradación química sobre las propiedades mecánicas de resinas compuestas dentales: revisión. Revista Estomatológica Herediana. 2021; 31(2).
3. Rafael Ratto Moraes LSGACLSC. Influencia de factores ambientales en la microdureza y longevidad de resinas compuestas: revisión actualizada. Odontología Sanmarquina. 2022; 25(3).
4. BARRANCOS MOONEY JPJB. Operatoria Dental. Avances clínicos, restauraciones y estética. 5th ed. Alvear MTd, editor. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2015.
5. Anusavice KJ, Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Undécima Edición ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2004.
6. Henostroza G. Adhesión en odontología restauradora. Tercera ed. Madrid: Ripano; 2020.
7. Lanata EJ. Operatoria dental: estética y adhesión Buenos Aires: Grupo Guía; 2019.
8. Hervás García Adela MLMACVJBEAFGP. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med. oral patol. oral cir.bucal (Internet. 2006 Abril; 11(2).
9. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora. Salud y estética. 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.
10. Gurgan S KVUYB. An overview of clinical and material properties of modern composite resins. European Journal Prosthodont Restorative Dental. 2021; 29(2).

11. Gómez C PJ. *Estética y odontología restauradora: principios biomiméticos* Madrid: Ripano; 2019.
12. Macchi RL. *Materiales Dentales*. 4th ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2007.
13. Sauro S. Los materiales dentales nanotecnológicos, a estudio. *Gaceta dental*. 2016 Enero.
14. JL F. Resin composite—State of the art. *Dental Materials*. 2011; 27(1).
15. Nicoleta Ilie RH. Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*. 2020; 65(1).
16. Milko Villarroel NFAMDSOBDOJ. Direct esthetic restorations based on composite resins. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*. 2019; 12(1).
17. Loguercio ARyAD. *Materiales dentales directos: guía práctica* Sao Paulo: Artes Médicas; 2022.
18. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring—A review. *Dental Materials*. 2020; 36(1).
19. Delgado AJ CJ. Grado de conversión y propiedades mecánicas de resinas compuestas: revisión narrativa. *Revista Odontológica Latinoamericana*. 2023; 15(2).
20. Group FD. *Vittra. Estética superior*. FGM Dental Group. 2022.
21. Ultradent. *Forma: Resina compuesta nanohíbrida con zirconia*. 2025.
22. SDI. Luna. [Online]; 2025 [cited 2026 Mayo 2. Available from: <https://www.sdi.com.au/es-sa/product/luna/>.
23. Salud OMdl. Cigarrillos electrónicos: informe sobre riesgos y efectos en salud. In OMS; 2021; Ginebra.
24. Barrientos I SP. Sistemas electrónicos de administración de nicotina y sus efectos en cavidad oral. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*. 2020; 13(2).

25. Jeffrey E Gotts SEJRMRT. What are the respiratory effects of e-cigarettes? British Medical Journal. 2019; 366.
26. Chitra Dinakar GTO. The health effects of electronic cigarettes. The New England Journal of Medicine. 2019; 381(14).
27. Jason S. Herrington CM. Electronic cigarette solutions and resultant aerosol profiles. Journal of Chromatography A. 2020.
28. Patrice Marques LPyMJS. An updated overview of e-cigarette impact on human health. Respiratory Research. 2021; 22(1).
29. Espinoza I RR. Efectos de la nicotina sobre tejidos orales y biomateriales dentales. Revista Odontológica Latinoamericana. 2022; 14(1).
30. El-Hellani A SREHRTSSASN. Nicotine and carbonyl emissions from popular electronic cigarette products. Tobacco Control. 2020; 29(1).
31. R. Paul Jensen WLJFPRMSyDHP. Hidden formaldehyde in e-cigarette aerosols. New England Journal of Medicine. 2019; 372(4).
32. García L TM. Compuestos carbonílicos y degradación de biomateriales odontológicos expuestos a aerosoles electrónicos. Revista Estomatológica Herediana. 2023; 33(2).
33. Talih S SREHRKEKNEHAea. Characteristics and toxicant emissions of JUUL electronic cigarettes. Tobacco Control. 2019; 28(6).
34. Fuoco FC BGSLVP. Influencia de la temperatura en la composición química del aerosol de cigarrillos electrónicos. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2020; 223(1).
35. Ilie N HR. Resin composite restorative materials. Australian Dental Journal. 2020; 65.
36. Irini D. Sideridou DSA. Sorption characteristics of dental resin composites exposed to chemical environments. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2019; 121(2).
37. Delgado AJ CJ. Sorción y solubilidad de resinas compuestas frente a agentes químicos: revisión narrativa. Revista Odontológica Latinoamericana. 2022; 14(3).

38. Marques P PLSM. An updated overview of e-cigarette impact on human health. *Respiratory Research*. 2021; 22(1).
39. Loguercio ARyAD. *Materiales dentales directos: guía práctica* Sao Paolo: Artes Médicas; 2022.
40. Söderholm KJ MR. Long-term degradation of resin-based dental restorative materials. *Journal Oral Science*. 2020; 62(2).
41. García L TM. Degradación de biomateriales odontológicos expuestos a aerosoles electrónicos. *Revista Estomatológica Herediana*. 2023; 33(2).
42. Alzraikat H BMMGTN. Degradación química y microfisuras en resinas compuestas: revisión actualizada. *Operative Dentistry*. 2021; 31(2).
43. Moraes RR GLLACS. Alteraciones superficiales de resinas compuestas frente a agentes químicos emergentes. *Odontología Sanmarquina*. 2022; 25(3).
44. Steenbecker O. *Principios y Bases de Los Biomateriales en Operatoria Dental Estética Adhesiva*. Primera ed. Valparaiso: Universidad de Valparaiso; 2006.
45. Leo G. "Dureza de los materiales: definición, tipos y método de prueba". ARIA MANUFACTURING LIMITED. 2024 Junio.
46. 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.
47. Physics I. Explicación de las pruebas de microdureza: pruebas de Vickers y Knoop. Base del conocimiento. 2024.
48. 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.
49. S.A.S S. "Ensayos de dureza". 2024.

50. Instruments N. "Control de la Dureza de Metales: Generalidades". 2024.
51. Wikipedia Cd. Dureza. "Wikipedia la enciclopedia libre". 2024 Octubre.
52. Buehler SGd. "Conceptos de prueba de dureza". 2024.
53. González OS. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva: propiedades, principios, fundamentos Valparaíso - Chile: Editorial Universidad de Valparaíso; 2006.
54. Inc. FT. Microdureza del esmalte dental en odontología. 2024.
55. 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).
56. Becerra Miguras M. Asociación entre la autopercepción de la salud periodontal con el consumo de cigarrillos electrónicos en los jóvenes de Lima Metropolitana durante el 2021. Tesis para Título Profesional de Cirujano Dentista. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Programa Académico de Odontología; 2022.
57. YURI FREDDY CURO-VALDIVIA MLPCSELDAMLSMERREEDA. Impacto del uso de cigarrillos electrónicos en diversos problemas relacionados con la salud bucal: una revisión de alcance. Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. 2025; 37(1).
58. GONZALES RIEGA JJ. Uso de cigarros electrónicos y su relación a la salud bucal en adultos de la provincia constitucional del Callao. Tesis para Título Profesional. Lima: Universidad Alas Peruanas, Escuela Académico Profesional de Estomatología; 2021.
59. Cristian Camilo Morales Lastre RDHPMCCP. Efectos del vapeo sobre la salud bucodental. Revista Cubana de Medicina Militar. 2024; 53(3).
60. electrónicosMegino-Blasco L. TGM,ORM. Afectación bucodental por la explosión de cigarrillos electrónicos. Sanidad militar. 2025; 81(1).
61. Maurílio Rodrigues dos Santos Júnior SMdAFAP. Los efectos del cigarrillo electrónico en la cavidad oral. Research, Society and Development. 2025; 14(10).

62. BARATIERI LN. Operatoria dental: procedimientos preventivos y restauradores Sao Paolo: Editora Quintessence; 1993.
63. PHYSICAL PROPERTIES. Mitsubishi Chemical Advanced Materials. .
64. García García P, Martínez Pérez MM, Sánchez Guerrero C. Odontología restauradora: fundamentos y aplicaciones clínicas. Segunda ed. Elsevier , editor. Barcelona; 2019.
65. Mondelli RFL GGFJ. Materiales dentales: procedimientos clínicos y laboratoriales. Segunda ed. Sao Paolo; 2016.

ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos. Vittra APS

Grupo Control	
Muestras	Dureza
1	117
2	120
3	119
4	114
5	120
6	117
7	123
8	119

Grupo con Vape	
Muestras	Dureza
1	113
2	109
3	115
4	107
5	102
6	105
7	112
8	107

FICHA 2 Recolección de datos. Forma™

Grupo Control	
Muestras	Dureza
1	120
2	129
3	128
4	119
5	117
6	125
7	114
8	123

Grupo con Vape	
Muestras	Dureza
1	105
2	109
3	107
4	109
5	115
6	114
7	109
8	116

FICHA 3 Recolección de datos. Luna

Grupo Control	
Muestras	Dureza
1	115
2	120
3	112
4	109
5	106
6	111
7	108
8	118

Grupo con Vape	
Muestras	Dureza
1	95
2	90
3	107
4	101
5	95
6	93
7	102
8	87

FICHA 4 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 VITTRA APS
NUMERO DE MUESTRAS : Total 16
SOLICITANTE : Gonzalo Peraltila

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA VITTRA

	A1 Control	A2 Vapeo
	HV	HV
1	117	113
2	120	109
3	119	115
4	114	107
5	120	102
6	117	105

Observaciones:

Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 25 de abril del 2026


GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Nº del Colegio de Ingenieros N° 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 16
SOLICITANTE : Gonzalo Peraltilla

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA FORMA

	A1 Control	A2 Vapeo
	HV	HV
1	120	105
2	129	109
3	128	107
4	119	109
5	117	115
6	125	114

Observaciones:

Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 25 de abril del 2026


GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Nº 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 LUNA SDI
NUMERO DE MUESTRAS : Total 16
SOLICITANTE : Gonzalo Peraltila

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

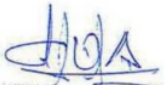
RESINA LUNA

	A1 Control	A2 Vapeo
	HV	HV
1	115	95
2	120	90
3	112	107
4	109	101
5	106	95
6	111	93

Observaciones:

Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 25 de abril del 2026


GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Mg. 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 Resina Luna SDI



FIGURA 9 Elaboración de muestras



- Resinas Vittra, Forma y Luna
- Lámpara LED
- Molde de aluminio
- Platina de vidrio
- Pieza de mano, micromotor
- Espátulas de resina

FIGURA 10 Elaboración de muestras



FIGURA 11 Elaboración de muestras



Distribución de los grupos

FIGURA 12 Experimentación



Protocolo de vapeo

FIGURA 13 Experimentación



Protocolo de vapeo

FIGURA 14 Experimentación

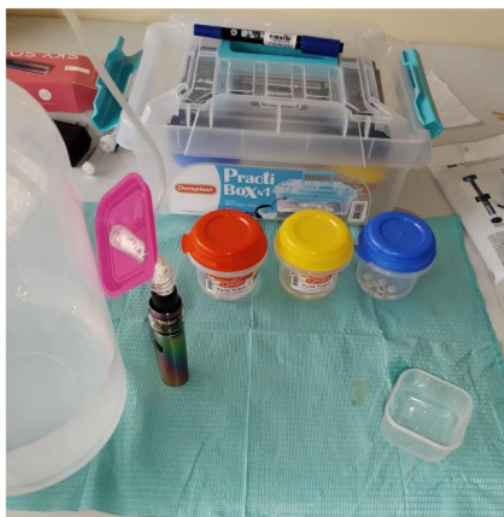


FIGURA 15 Experimentación



Medición de microdureza

DICTÁMEN COMITÉ DE ÉTICA



**Universidad
Católica de
Santa María**

Investigador
Raphael Gonzalo Peraltilla Medina

Sentimiento Santamariano

**Comité
Institucional de
Ética de la
Investigación**

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

UCSM.EDU.PE

Arequipa, 18 marzo 2026

De mi especial consideración.

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

TÍTULO: "Efecto del humo de cigarrillos electrónicos sobre la microdureza superficial de tres marcas de resinas nanohíbridas, Arequipa 2025".

INVESTIGADOR: Raphael Gonzalo Peraltilla Medina.

TIPO Y DISEÑO: Observacional, experimental.

OBJETIVO: La investigación tiene como objetivo: Determinar el efecto del aerosol del cigarrillo electrónico sobre la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas del estudio.



PROCEDIMIENTOS: Análisis laboratorial.

SUJETOS DE ESTUDIO: Cilindros de resina compuestos de clasificación nanohíbrida.

RIESGO DEL ESTUDIO: Mínimo.

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

DICTAMEN:



DICTAMEN FAVORABLE 138- 2026 CIEI-UCSM

VIGENCIA: La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente dictamen hasta el 18 de marzo de 2027.

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

Arequipa, 18 marzo 2026

EFFECTO DEL HUMO DE CIGARRILLOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE TRES MARCAS DE RESINAS NANOHÍBRIDAS, AREQUIPA 2026.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	14%	2%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	10%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.ucsm.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	www.scielo.org.co	<1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Continental	<1%
	Trabajo del estudiante	
6	www.coursehero.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	revmedmilitar.sld.cu	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.uss.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

9	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Pontificia Universidad Catolica Madre y Maestra PUCMM Trabajo del estudiante	<1 %
13	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
16	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
17	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
18	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
19	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

patents.google.com

20

Fuente de Internet

<1 %

21

revistasoj.s.ucaldas.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

22

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

23

baixardoc.com

Fuente de Internet

<1 %

24

dgsa.uaeh.edu.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

25

revistas.ucr.ac.cr

Fuente de Internet

<1 %

26

www.tobaccofreekids.org

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.uam.es

Fuente de Internet

<1 %

28

www.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

29

zaguan.unizar.es

Fuente de Internet

<1 %

30

doczz.net

Fuente de Internet

<1 %

31

ojs.unifor.br

Fuente de Internet

<1 %

32	titula.universidadeuropea.es Fuente de Internet	<1 %
33	www.amazon.it Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Unviersidad de Granada Trabajo del estudiante	<1 %
35	consumer.healthday.com Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	ve.sun.com Fuente de Internet	<1 %
38	www.acnur.org Fuente de Internet	<1 %
39	www.pacientesonline.com.ar Fuente de Internet	<1 %
40	academic.oup.com Fuente de Internet	<1 %
41	dentist-in.s3.us-west-004.backblazeb2.com Fuente de Internet	<1 %
42	docs.google.com Fuente de Internet	<1 %
43	etuswanne28.de Fuente de Internet	<1 %

44	http://193.127.102.92/reportajes/index.cfm?p=inmo/consu/028	<1 %
	Fuente de Internet	
45	intra.uigv.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
46	noticiasdecolombia.info	<1 %
	Fuente de Internet	
47	revholcien.sld.cu	<1 %
	Fuente de Internet	
48	sccalp.org	<1 %
	Fuente de Internet	
49	www.robotshop.com	<1 %
	Fuente de Internet	
50	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA	<1 %
	Trabajo del estudiante	
51	iberomed.es	<1 %
	Fuente de Internet	
52	lareferencia.info	<1 %
	Fuente de Internet	
53	lookformedical.com	<1 %
	Fuente de Internet	
54	prezi.com	<1 %
	Fuente de Internet	

55	www.clubsaludnatural.com Fuente de Internet	<1 %
56	www.icmm.com Fuente de Internet	<1 %
57	www.msdmanuals.com Fuente de Internet	<1 %
58	www.periodicoelnuevomundo.com Fuente de Internet	<1 %
59	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Biotechnology, 2024 Publicación	<1 %
60	Submitted to Ilerna Online Blackboard Trabajo del estudiante	<1 %
61	Paulina Abigail Reinoso-Espín, Alcides Alberto Bustillos-Ortíz. "El cigarrillo electrónico como un problema emergente de salud pública en adolescentes y adultos jóvenes", Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida, 2025 Publicación	<1 %
62	Terminel Iberri, Ana Isabel. "Beyond Critical Communication Pedagogy Pláticas With Latinx Youth", Arizona State University, 2023 Publicación	<1 %

63	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
64	editorial.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
65	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
66	library.jid.org Fuente de Internet	<1 %
67	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.upsjb.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
70	www.fiestaconfluencia.com.ar Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo