



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EFFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL SOBRE LA MICRODUREZA
SUPERFICIAL EN RESINAS REFORZADAS CON ZIRCONIO: ESTUDIO IN VITRO

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora:

Quillas Huamán, Ruth Andrea

Asesor:

López Gurreonero, Carlos

(ORCID: 0000-0001-8310-6529)

Jurado:

Medina y Mendoza, Julia Elbia

Quispe Tasayco, Lucía Marisela

Chacón Gonzales, Doris Maura

Lima – Perú

2023

Agradecimiento

Agradezco a Dios por regalarme un día más de vida, darnos salud a mi familia y a las personas que aprecio mucho. Y permitirme crecer para bien en el ámbito personal y profesional.

A mis padres Wilfredo y Segundina por haberme apoyado en todo momento. Por inculcarme sus valores y siempre demostrarme su amor incondicional.

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios, a mi familia, a todas las personitas que me apoyaron, supieron tener mucha paciencia con mi persona. A los doctores que fueron parte de mi formación profesional. Y también agradecida con mi Asesor López Gurreonero Carlos por brindarme su apoyo profesional y de la cual estoy muy agradecida y siento mucha admiración.

ÍNDICE

Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción y formulación del problema	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos	13
- Objetivo general	13
- Objetivos específicos	13
1.4 Justificación	14
1.5 Hipótesis	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación	15
III. MÉTODO	21
3.1 Tipo de investigación	21
3.2 Ámbito temporal y espacial	21
3.3 Variables	21
3.4 Población y Muestra	22
3.5 Instrumentos	23
3.6 Procedimientos	24
3.7 Análisis de Datos	26
3.8 Consideraciones éticas	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
VI. CONCLUSIONES	35

VII. RECOMENDACIONES	36
VIII. REFERENCIAS	37
IX. ANEXOS	46

Resumen

Objetivo: evaluar el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de resinas reforzadas con zirconio. **Metodología:** el estudio fue experimental, longitudinal, comparativo, prospectivo. En donde se evaluaron 20 discos de resina por cada grupo, siendo bloques de las resinas: Forma (Ultradent), Vittra APS (FGM) y resina Filtek-Z350 XT (3M ESPE). Los materiales restauradores fueron de color A2B, EA2 y A2 respectivamente. Las muestras de los subgrupos sin envejecer fueron (n=10) evaluados sus microdurezas mediante la prueba Vickers. Y las muestras de los subgrupos envejecidos fueron (n=10) sometidas a envejecimiento artificial mediante un termociclado en el cual se cumplieron 2500 ciclos. Cada ciclo sumergido en agua destilada a 5°C, 37°C y 55°C. **Resultados:** en los grupos sin exposición al envejecimiento artificial, la resina Vittra APS obtuvo una microdureza de $75 \pm 3,73$; seguido de la resina Z350 XT con $71,61 \pm 3,72$ y por último la resina Forma con $57,11 \pm 5,31$; en los grupos expuestas al envejecimiento artificial, la resina Vittra APS obtuvo una microdureza de $73,31 \pm 3,44$; seguido de la resina Z350 XT con $72,21 \pm 6,19$ y por último la resina Forma con $65,54 \pm 3,08$. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre la microdureza de la resina Forma no expuesta y expuesta a envejecimiento artificial ($p < 0,001$). **Conclusión:** la resina Forma fue la única resina que aumentó significativamente su microdureza después de la exposición al envejecimiento artificial en comparación al grupo no expuesto.

Palabras clave: resina, zirconio, microdureza, envejecimiento.

Abstract

Objective: to evaluate the effect of artificial aging on the in vitro surface microhardness of resins reinforced with zirconium. **Methodology:** the study was experimental, longitudinal, comparative, prospective. Where 20 resin discs were evaluated each group, being resins blocks: Shape (Ultradent), Vittra APS (FGM) and Filtek- Z350 XT (3M ESPE) resin. The restorative materials were colored A2B, EA2 and A2 respectively. The samples of the aged subgroups were (n=10) their microhardnesses were evaluated using the Vickers test. And the samples of the aged subgroups were (n=10) subjected to artificial aging by thermocycling in which 2500 cycles were completed. Each cycle immersed in distilled water at 5°C, 37°C y 55°C. **Results:** in the groups without exposure to artificial aging, the Vittra APS resin obtained a microhardness of 75 ± 3.73 ; followed by the Z350 XT resin with 71.61 ± 3.72 and finally the Forma resin with 57.11 ± 5.31 ; in the groups exposed to artificial aging, the Vittra APS resin obtained a microhardness of 73.31 ± 3.44 ; followed by the Z350 XT resin with 72.21 ± 6.19 and finally the Forma resin with 65.54 ± 3.08 . A statistically significant difference was found between the microhardness of the unexposed Forma resin and the one exposed to artificial aging ($p < 0.001$). **Conclusion:** the form resin was the only resin that significantly increased its microhardness after exposure to artificial aging compared to the non-exposed group.

Keywords: resin, zirconium, microhardness, aging.

I. INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas son uno de los materiales restauradores más utilizados en la práctica odontológica actual para realizar tratamientos mínimamente invasivos debido a su estética, fácil manejo, biocompatibilidad y propiedades adhesivas; sin embargo, fácil decoloración durante su larga permanencia en la cavidad oral y pobre sellado marginal son las principales desventajas de su uso y directamente relacionados con su composición y propiedades mecánicas (García-Contreras et al., 2014).

Con el pasar del tiempo se han ido mejorando en su composición para cubrir las demandas estéticas, es así que se han introducido nanocompuestos en los que el tamaño de las partículas de relleno de las resinas se ha reducido progresivamente para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y estéticas (Ferracane, 1995; Alzraikat et al., 2018).

La resina compuesta es un material heterogéneo compuesto de matriz de resina, partículas de relleno, agente de acoplamiento y foto -iniciador. Por lo tanto, no se desgastan en el mismo grado debido al diferente valor de dureza entre su composición. Debido a esto, las resinas compuestas exhiben varios grados de rugosidad superficial después del pulido. Además, pueden aparecer varios defectos en la superficie, como irregularidades y microfisuras, como resultado de la eliminación de algunas partículas de la superficie durante los procedimientos de acabado y pulido. La microdureza también es otro parámetro importante porque las restauraciones compuestas pueden sufrir una microdureza superficial reducida con el tiempo, lo que aumenta su susceptibilidad al desgaste. La medición de la microdureza de las resinas compuestas mediante las pruebas de dureza Vickers y Knoop se considera un método indirecto para evaluar la resistencia física y mecánica (Catelan et al., 2010).

Existe muy poca evidencia sobre el efecto del envejecimiento sobre la microdureza en resinas reforzadas con zirconio (Chen et al., 2019), por lo cual se necesitan más estudios sobre esta temática y es por eso que el propósito de la presente investigación será evaluar el efecto

del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de las diferentes resinas reforzadas con zirconio.

1.1 Descripción y formulación del problema

Los diferentes tipos de resinas compuestas no logran una suavidad superficial ni microdurezas comparables cuando se someten a las mismas técnicas de procedimiento. Por lo tanto, es importante explorar las propiedades mecánicas de materiales dentales disponibles comercialmente (Senawongse y Pongprueksa, 2007).

Se ha demostrado que las propiedades físicas están relacionadas con las características de la matriz orgánica, el porcentaje de volumen y el tipo de carga de la resina compuesta (De Almeida et al., 2008).

En la actualidad, aparecen nuevas marcas de materiales de restauración para la zona anterior y posterior de la dentición, de las cuales no se tiene evidencia científica sobre sus propiedades. Algunos de estos nuevos productos son promocionados por tener mejores propiedades debido a que son reforzados con partículas de zirconio y de esta manera brindar mejores propiedades mecánicas y estéticas.

Otro factor importante que afecta el desempeño clínico de una restauración es el envejecimiento. Las tensiones mecánicas orales, la temperatura y la humedad tienen una gran influencia en la degradación de la unión de las restauraciones de zirconio, siendo el termociclado el método más utilizado para evaluar el envejecimiento artificial (Seade et al., 2020). Por lo tanto, para el odontólogo resulta de importancia conocer las propiedades mecánicas de los productos restaurativos actuales. Es así que nos formulamos la siguiente pregunta ¿Cuál será el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de las diferentes resinas reforzadas con zirconio?

1.2 Antecedentes

Husain et al. (2022) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto del envejecimiento hidrotérmico en la microdureza de varios polímeros convencionales y de fabricación aditiva. Asignaron a dos grupos diferentes, uno sin envejecer (prueba de microdureza) y el otro envejecidos por termociclado por 6000 ciclos a 5°C y 55°C y posteriormente se tomó la prueba de dureza. En la prueba de Vickers realizaron 3 muescas en cada disco con una carga de 0.95 N, durante 15 segundos. Esta prueba fue analizada estadísticamente usando ANOVA de dos vías y las pruebas post hoc de Tukey ($\alpha=0.05$). La media \pm desviación estándar de la microdureza Vickers para los especímenes envejecidos y sin envejecer tuvieron resultados similares. Concluyeron que tuvo un efecto significativo la elección del material y resultado de menor dureza los polímeros de fabricación aditiva que las convencionales.

Barve et al. (2021) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de las bebidas de consumo común sobre la microdureza y la estabilidad del color de resinas compuestas microhíbridas y nanorellenos. Las resinas estudiadas fueron la Filtek Z-250, 3M ESPE y la resina Filtek Z-350, 3M ESPE de tonalidad A2. Se prepararon 240 muestras, se dividieron en 8 grupos de 30 muestras. De estas 30 muestras, la mitad fue analizada para la microdureza Vickers y la otra mitad para estabilidad de color. Los grupos fueron sumergidos en diferentes medios como: té, café, cola y agua destilada durante 15 días. Se evaluaron ambas variables mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba de alteración de Tukey. En los resultados se mostraron que la microdureza se alteró, disminuyendo el valor para ambos materiales después de la inmersión en todas las bebidas. La microdureza en la resina Filtek Z350 fue mayor que la Filtek Z350 en la bebida de cola.

Lin et al. (2021) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la rugosidad de la superficie y la microdureza de un nuevo compuesto experimental nanohíbrido de cáscara de

arroz reforzado con zirconia (Zr-Hybrid) con resinas comercializadas de nanorrelleno (Filtek-Z350-XT) y compuesto microhíbrido (Zmack-Comp) antes y después del envejecimiento artificial. Se prepararon ciento ochenta muestras de disco estandarizadas, de las cuales noventa muestras se usaron para la prueba de rugosidad superficial y microdureza, respectivamente. Se encontró que Zr-Hybrid mostró una rugosidad de la superficie significativamente menor desde el punto de vista estadístico ($P < 0,05$) que Filtek-Z350-XT y Zmack-Comp, pero no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre Filtek-Z350-XT y Zmack-Comp. ($P > 0,05$). En la prueba de microdureza, donde Zr-Hybrid mostró el valor más alto ($P < 0,05$), seguido de Filtek-Z350-XT y, por último, Zmack-Comp. Además, se observaron diferencias significativas en la rugosidad de la superficie y la microdureza entre los grupos envejecidos y no envejecidos. En conclusión, Zr-Hybrid parece demostrar una mejor rugosidad superficial y un valor de microdureza antes y después del envejecimiento artificial.

Taşın et al. (2020) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto del envejecimiento artificial acelerado sobre la estabilidad de color, la rugosidad de la superficie y la microdureza de Vickers de los tres materiales de revestimiento laminado (LV). Se prepararon 10 discos de cerámica LV de carilla laminada prefabricada de CLV-IPS E-max Press, Tetric N-Ceramic y PLV-Compponeer Coltene. El envejecimiento artificial acelerado se realizó por un sistema de ultravioleta por 300 horas. También se evaluaron la diferencia de color y la rugosidad superficial. Los datos fueron realizados con las pruebas de Shapiro- Wilk, la prueba de Kruskall- Wallis y la de Mann- Whitney ($\alpha= 0.05$). En los resultados hubo una diferencia estadísticamente significativa en las medidas de los cambios de microdureza entre los materiales LV. Concluyeron el envejecimiento acelerado influyó en la estabilidad del color, la microdureza y la rugosidad superficial de los LV.

Pérez et al. (2019) realizaron un estudio en la cual querían evaluar y observar lo ocurría cuando a la resina se le sometía al envejecimiento artificial, fue un estudio in vitro. Se

elaboraron 30 discos de resina de Filtek Z250 de 3M. Luego se limo con grano 000, posteriormente se lubrico con aceite mineral en su interior, en seguida se hizo presión para empaquetar el material y por ende eliminar excesos. Finalmente se polimerizo con lámpara dental con el tiempo que sugiere el fabricante. Después los discos se almacenaron en agua bidestilada a temperatura ambiente. El proceso de envejecimiento se realizó con hidrofotociclador a través de baños térmicos por 500 ciclos de 50 °C en ciclos de cinco minutos durante un día, 12 horas. Las muestras fueron cepilladas utilizando cepillos Colgate de consistencia suave sin pasta dental. Fueron evaluados a las 0 horas, 100 horas y 300 horas. Encontraron que después de 100h de envejecimiento el material sufrió ruptura en su estructura. Concluyeron que la resina no es tan duradera como mencionan algunos autores.

Hampe et al. (2018) realizaron un estudio con el objetivo de determinar la dureza de Martens para cinco clases de diferentes materiales de restauración CAD/CAM después del almacenamiento en agua y termociclado. Los materiales de estudio fueron: dos cerámicas CAD de disilicato-silicato, material híbrido, dos composites de Ultimate - material experimental, dos composites de bajo relleno y dos polímeros, uno sin relleno y el otro ultra bajo. Las muestras se almacenaron en agua a 37 °C durante los tiempos de 30, 60,90 y 120 días, se determinó la prueba de dureza de Martens. Después fueron sometidos al envejecimiento artificial mediante un termociclado, este fue a 30000 ciclos a temperaturas de 5 °C y 55 °C por 30 segundos sumergidas en agua cada temperatura, y posteriormente determinar de nuevo la prueba de Martens. Como resultado los materiales CAD/CAM probados mostraron diferencias en la dureza de Martens. La cerámica mostró los valores más altos, seguida del material híbrido. Y los compuestos de resina, la dureza de Martens y el módulo de indentación aumentaron con el contenido de relleno. En conclusión, el envejecimiento artificial afectó a los materiales CAD/CAM de manera diferente.

Ramachandran et al. (2018) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el termociclado en la microdureza de tres resinas compuestas fotocuradas en diferentes tiempos. Las resinas que se estudiaron fueron la Filtek Z350 XT, la Tetric N Ceram y la Z100 Universal Restorative. Y los tiempos de curado fueron 20 y 40seg. La prueba de microdureza Vickers se realizó antes y después del termociclado utilizando la prueba de microdureza. El envejecimiento artificial se realizó a 5 y 55 °C durante 250 ciclos. Los valores se analizaron utilizando la prueba de análisis de varianza (ANOVA), comparación simultanea de Tukey. En los resultados todas las resinas redujeron significativa en la microdureza, pero la resina Tetric mostro un cambio mínimo en los valores de dureza. Concluyeron que después del termociclado, las resinas estudiadas son susceptibles a una reducción significativa de la microdureza.

Alfawaz (2017) realizo un estudio con el objetivo de evaluar la influencia de las técnicas de acabado y pulido sobre la rugosidad superficial y la microdureza de dos resinas compuestas con dos diferentes sistemas de pulido. Fueron 30 muestras de las resinas nanocompuestos Filtek Z350 y Ceram-X. El grupo control n=10 no recibieron pulido y los otros si mediante los sistemas de pulido fueron PoGo y Sof-Lex; después del pulido se evaluó la rugosidad superficial mediante un perfilómetro y la microdureza se determinó por la prueba de Vickers. En los resultados, la microdureza no mostro variaciones significativas después del acabo y pulido. Concluyo que el sistema de pulido tuvo poca influencia en la microdureza superficial.

Amooz et al. (2017) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la microdureza de los compuestos Filtek Z350, Z250 y LS después de un periodo de un mes de almacenamiento en agua. Fueron 60 muestras almacenados a 37 °C durante 24 horas, se sometieron a procesos de acabado y pulido. Se asignaron grupo control n=10, donde se almaceno en ambiente seco y temperatura ambiente y grupo prueba, donde se almaceno en agua destilada durante un mes n=10. Luego fueron colocados en una maquina probadora de microdureza Vickers. Los daos obtenidos fue analizados con la prueba de ANOVA de dos vías y la prueba post-hoc de Tukey.

Obtuvieron como resultado que los compuestos a base de silorano, tuvieron mejor microdureza que los compuestos metacrilatos: Z250 y Z350.

Pala et al. (2017) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la resistencia a la flexión y la microdureza de tres diferentes resinas ante el termociclado. Las resinas estudiadas fueron: nanorelleno (FUR), nanohíbrido (Clearfil Majesty- ES2) y microhíbrido (GAA). Para las pruebas de microdureza se utilizaron discos compuestos de 8mm de diámetro y 2mm de espesor (n=10), y para las pruebas de resistencias a la flexión se prepararon muestras de barra de 25x2x2mm (n=13). Las muestras se analizaron después de 24 horas y después de 10 000 ciclos térmicos. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza de dos vías y la prueba de Tukey ($p<0.05$). Las correlaciones entre las dos variables estudiadas se utilizó el análisis de correlación de Pearson. Como resultado encontraron diferencia significativa en los valores de microdureza, donde FUR presento una microdureza mayor ES2 y GAA. Concluyeron que el efecto de envejecimiento afecto significativamente la micro dureza y la resistencia a la flexión de las resinas.

Santos et al. (2016) realizaron un estudio con el objetivo de verificar los efectos del envejecimiento artificial en la rugosidad de la superficie y la microdureza de Knoop de materiales de resina con un sellador de superficie. Las muestras fabricadas fueron 2 ionómeros de vidrio modificados con resina (RMGI) y 1 resina compuesta (CR). Posteriormente se dividieron las muestras en dos grupos, uno cubierto con sellador y en otro sin cubrir. Ambos grupos fueron subdivididos de acuerdo a si fueron sumergidos o envejecidos en agua de cola o agua destilada. Los valores de dureza y rugosidad fueron obtenidos antes y después del almacenamiento. Los resultados obtenidos son un alto valor en la rugosidad de las 2 RMGI cuando no fueron cubierto con el sellador de superficie. Concluyendo que todos los grupos que tenían selladores obtuvieron valores de rugosidad aumentados después del envejecimiento.

Wang et al. (2016) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar y comparar algunas propiedades biomecánicas como la dureza de Vickers, la tenacidad a la fractura y la resistencia a la compresión de un material compuesto resinoso reforzado con fibra a varios porcentajes en peso de zirconio. Usaron una matriz de resina a 78,4% en peso Bis donde se preparó GMA 19,6% en peso de MMA, 1% de peso de CEMA y 1% en peso de CQ con diferentes porcentajes de fibras de zirconia silanizadas (0%, 1%, 3% y 5% en peso de matriz de resina). Cada grupo de especímenes se almacenaron en dos condiciones de temperatura, un a temperatura ambiente durante un día y la otra en agua a 37°C durante 7 días. Se realizó la prueba de ANOVA donde reveló que los FRC experimentales con 1% y 3% en peso mostraron diferencias estadísticamente significativas en la dureza de Vickers en condiciones secas y la tenacidad a la fractura después de 7 días de almacenamiento en agua. Sin embargo, la resistencia a la compresión de estos grupos experimentales no mostró diferencias significativas. En conclusión, estas fibras de zirconio silanizadas en resina han mostrado propiedades biomecánicas prometedoras.

Dionysopoulos et al. (2015) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la microdureza de dos resinas compuestas cuando se someten a tres diferentes temperaturas y tres tiempos diferentes de fotopolimerización. Se utilizaron dos composites; Filtek Z250 y Grandio. Tres temperaturas diferentes (23, 37 y 55°C), utilizando un calentador compuesto. Las muestras calentadas se inyectaron inmediatamente en moldes cilíndricos (6 mm× 2 mm) y la superficie superior de las muestras se polimerizó durante 10, 20 y 40 segundos, utilizando una unidad de fotocurado (QTH LCU). Las mediciones de microdureza Vickers se realizaron desde la superficie superior e inferior de las muestras, después de un almacenamiento en seco durante 24 horas en la oscuridad. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando un análisis unidireccional de varianza (ANOVA) y prueba post-hoc de Tukey a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los resultados indicaron que hubo un aumento en la microdureza a medida que se

incrementó la temperatura del compuesto para la superficie superior o inferior ($P < 0.05$). Además, hubo un aumento general en la microdureza para ambos composites a medida que aumentaba el tiempo de curado ($P < 0,05$). El tipo de composites no influyó en la microdureza superficial ($P > 0,05$). En conclusión, la temperatura de los composites afecta a la microdureza superficial. Además, el tiempo de fotocurado influye en la microdureza de los compuestos ensayados.

Tang et al. (2015) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar los efectos de múltiples cocciones y envejecimiento en la rugosidad, resistencia y dureza de la superficie de la cerámica de recubrimiento para estructuras de zirconio. Utilizaron cinco cerámicas: Vintage ZR, Ceravian ZR, VitaVM9, Cercon Ceram KISS, IPS e.max Ceram, estas lo cocieron dos o diez veces para acelerar el envejecimiento. La rugosidad de la superficie lo evaluaron mediante un perfilometría láser. También midieron la resistencia a la flexión y la dureza de Vickers. Observaron La topografía de la superficie con microscopia eléctrica de barrido. Como resultado, se observó la dureza de Vickers mayor cocción para la RZ y VM9 fue significativamente mayor que la menos cocción de la misma muestra. Concluyeron que las múltiples cocciones y envejecimiento tuvieron un efecto positivo en la rugosidad, resistencia y dureza de todas las cerámicas utilizadas en las restauraciones de zirconio.

García-Contreras et al. (2014) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la Microdureza Vickers (VHN) de cuatro resinas compuestas comerciales disponibles usando muestras y métodos estandarizados. Se usaron las siguientes resinas ($n=4/gp$): resinas microhíbridas [Feeling Lux (Viarden) y Amelogen Plus (Ultradent)], resina híbrida [Te-Econom Plus (Ivoclar)] y resina Nanohybrid [Filtek Z350 (3M ESPE)]. Todas las muestras se incubaron en agua destilada a 37°C durante cinco días. La prueba se llevó a cabo con un indentador de microdureza a 10 N, y un tiempo de permanencia de 10 s para 9 muescas en las muestras resultando en un total de 36 indentaciones para cada grupo. Los valores medios de

VHN variaron de más duros a más suaves de la siguiente manera: Filtek Z350 ($71,96 \pm 6,44$) ($p < 0,01$) > Amelogen Plus ($59,90 \pm 4,40$) ($p < 0,05$) > Sensación lux ($53,52 \pm 5,72$) > Te-Econom Plus ($53,26 \pm 5,19$). Según los resultados, la microdureza de las resinas compuestas convencionales evaluadas puede soportar las fuerzas masticatorias; sin embargo, las resinas compuestas nanohíbridas mostraron una mejor microdureza Vickers y, por lo tanto, son clínicamente más adecuados opción para tratamientos de mínima invasión.

Gou et al. (2012) realizaron un estudio para evaluar la resistencia a la flexión, el módulo de flexión, la energía de rotura y la tenacidad a la fractura de composites reforzados con cantidades de nanofibras cerámicas de zirconio-sílice. Prepararon un grupo control, 70% en peso de relleno de partículas de vidrio sin nanofibras y composites experimentales (2,5- 5 y 7,5 en peso de nanofibras ZS o ZYS mezclando 29% en peso de monómeros de resina, 70% en peso de relleno, y 1% en peso de iniciador, y posteriormente polimerizado por calor. Las muestras se almacenan en agua desionizada a 37 °C, en tres tiempos, 24h-3 meses o 6meses. Los datos se realizaron usando ANOVA, dando como resultado, que el refuerzo de las resinas con nanofibras ZS o ZYS (2,5% o 5%) pueden aumentar significativamente la RF, FM y EAB sobre las resinas compuestas dentales sin refuerzo. También los composites reforzados con nanofibras de zirconio exhiben una mayor tenacidad a la fractura que el control y disminuye su grado de conversión.

Catelan et al. (2010) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto del envejecimiento artificial sobre la rugosidad y microdureza superficial de resinas compuestos microhíbridos (Vit-I- escencia y Ópalo) y nanorrelleno (Suprema XT) sellados. La rugosidad superficial lo determinaron mediante un perfilómetro y la prueba de microdureza mediante la máquina de microdureza Knoop con una carga de 50g aplicada durante 15 segundos. Después de la evaluación de ambas variables, un grupo de resinas fueron envejecidas con una cámara de envejecimiento acelerado UV durante 252 horas, bajo calor ($65-3$ °C o $45- 3$ °C), fueron

sumergidos durante 28 horas en refresco de cola, jugo de naranja o agua destilada. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza de dos vías y la prueba de Fisher. Obtuvieron como resultado que los materiales selladores presentaron menores valores de rugosidad y microdureza, en comparación con los compuestos sin sellar. Concluyeron que el efecto del envejecimiento artificial reduce los valores de la microdureza, pero no alteraran la rugosidad de las superficies de los materiales.

Nogueria et al. (2009) realizaron un estudio con el objetivo de analizar el efecto del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de las resinas compuestas. Las resinas a estudiar fueron Filtek Z-250 (F), Charisma (C), Durafil (D), Supreme para el cuerpo (SNc) y Supreme translúcido (SNt). Confeccionaron 16 especímenes por cada resina compuesta. Luego fueron polimerizados con una intensidad de luz entre 580 y 600Mw/cm². Pasando las 24 h, 8 muestras de cada material fueron sometidos a los ensayos de compresión (grupo control) realizados por la maquina EMIC DL 2000, con una carga de 2000Kgf y velocidad de 0.5mm/min. Las otras 8 muestras fueron colocadas en la máquina de EEA, permaneciendo 196 h, y estas son equivalentes a 5 años de envejecimiento y enseguida sometidos a los ensayos de compresión. Los resultados se realizaron por ANOVA y test de Tukey ($p < 0.05$) de las cual se mostraron que las resinas SNt y D no tuvieron diferencias significativas. Las demás resinas mostraron mayor envejecimiento artificial durante 24h. concluyeron que el EAA aumenta la resistencia a compresión de las resinas F, C e SNc.

De Almeida et al. (2008) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la relación entre la dureza superficial de siete marcas comerciales diferentes de resinas compuestas (Charisma, Fill Magic, Master Fill, Natural Look, Opallis, Tetric Ceram y Z250) y los diferentes grados de translucidez (translúcido, esmalte y dentina). Las pruebas de microdureza Vickers revelaron diferencias entre los grupos. Z250 fue la marca comercial que mostró el mejor desempeño en la prueba de dureza. Al comparar los tres grupos evaluados dentro de una

misma marca, solo Master Fill y Fill Magic presentó diferencias estadísticamente significativas entre todas diferentes las translucideces, Natural Look fue el único que no mostró diferencias significativas entre ninguno de los tres grupos. Carisma, Opallis, Tetric Ceram y Z250 mostraron diferencias significativas entre algunos de los grupos probados. Con base en los resultados encontrados en este estudio, no fue posible establecer una relación entre la translucidez y la microdureza, de los composites de resina evaluados. Dependiendo del material evaluado, sin embargo, la variación de translucidez afectó los valores de microdureza de los compuestos de resina.

De Moraes et al. (2008). Realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de seis meses de envejecimiento artificial en agua sobre la rugosidad y dureza superficial y subsuperficial de dos resinas compuestas microhíbridadas. Se estudiaron 31 especímenes de estas resinas Filtek Z250 y Charisma, estos compuestos se colocaron en un molde de forma cilíndrica, posteriormente se colocó una tira de poliéster y un portaobjetos de vidrio contra las capas superior e inferior, se aplicó una fuerza manual antes de la activación de la luz. Luego estas fueron almacenadas en recipientes a prueba de luz a 37° C durante 24h, y después se realizaron el pulido con discos de óxido de aluminio en diferentes granos. El proceso de envejecimiento lo realizaron almacenando en agua destilada a 37° C (ph=5.8) durante 24h o 6 meses. Un grupo de 16 especímenes se le realizó la prueba de microdureza se usó la máquina de Knoop, aplicaron una carga de 50g durante un tiempo de 15s. y el otro grupo de 15 especímenes se realizó la prueba de rugosidad superficial mediante el perfilómetro. Obtuvieron como resultado que la resina Z250 presento capas superficiales y subsuperficiales significativamente más duras a diferencia con Charisma. Entonces el efecto de envejecimiento artificial presento ablandamiento significativo y no presento alteración deletérea significativa para la dureza de subsuperficial de los compuestos.

Nicolizzi et al. (2008). Realizaron un estudio con el objetivo de verificar la influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de tres resinas compuestas. Las resinas estudiadas fueron la Filtek Supreme (3M-ESPE), Charisma (Heraeus-Kulzer) y Filtek Z-250 (3M-ESPE), de estas se confeccionaron 48 especímenes, de las cuales 24 fueron sometidos a ensayos mecánicos de compresión en la Máquina Universal De Ensayos. Y el otro grupo de especímenes fueron sometidos a envejecimiento artificial acelerado mediante la máquina de C-UV- ASTM-G-53 por 192 horas que es equivalente a 5 años de envejecimiento y posteriormente sometidos a ensayos mecánicos. Se realizó el análisis estadístico utilizando ANOVA y la cual dio, en conclusión, diferencia estadística en la resistencia a compresión entre resinas Z-250 y Filtek Supreme envejecidas y sin envejecer.

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de resinas reforzadas con zirconio.

Objetivos específicos

- Determinar la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento artificial.

- Determinar la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial.

- Comparar la microdureza superficial de las resinas reforzadas de zirconio sin exposición y con exposición al envejecimiento artificial.

1.4 Justificación

Teórica

Los resultados del presente trabajo de investigación permitirán aumentar la evidencia frente a la temática de la microdureza in vitro de resinas reforzadas con zirconio. Ya que en la actualidad existe poca literatura sobre las propiedades de estos nuevos materiales restauradores.

Práctica

La difusión de este tipo de investigación nos ayudará a tener conocimiento sobre las propiedades de los nuevos materiales de resina reforzada con zirconio. Es así que el odontólogo podrá decidir el tipo de material restaurador que use de acuerdo a la necesidad del tratamiento en cada paciente.

Metodológica

Para el presente estudio se utilizará un equipo de ensayos correctamente calibrado y manejado por un profesional experto que medirá la microdureza las resinas, lo cual nos brindará resultados confiables. Además, se seguirán protocolos basados en la Organización Internacional de Normalización.

1.5 Hipótesis

El envejecimiento artificial genera cambios significativos sobre la microdureza superficial en resinas reforzadas con zirconio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Resinas compuestas

En la actualidad, las resinas compuestas son los materiales dentales más comúnmente utilizado para una variedad de aplicaciones en odontología, incluidos, entre otros, materiales de restauración, revestimientos de cavidades, selladores de fosas y fisuras, muñones y reconstrucciones, inlays, onlays, coronas, restauraciones provisionales, cementos para prótesis dentales individuales o múltiples y dispositivos de ortodoncia, selladores endodónticos y postes de conducto radicular (Ferracane, 2011).

Desde su advenimiento, y el desarrollo de las técnicas de grabado, las resinas compuestas han sufrido varios cambios en su composición química para mejorar sus propiedades mecánicas, y, en consecuencia, su clínica rendimiento (Nunes et al., 2015).

El término "compuesto" o "material compuesto" se refiere a un material estructural hecho de dos o más materiales constituyentes normalmente para proporcionar mejores características o agregar funcionalidades adicionales a los componentes originales. Los materiales de restauración dental también se han desarrollado en varios tipos de sistemas compuestos a base de resina (Cho et al., 2022).

2.1.1.1 Historia. Las resinas compuestas surgieron para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que en los años 40 habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles. En 1955 Buonocore utilizó el ácido ortofosfórico para incrementar la adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina. En 1962 Bowen desarrolló el monómero del Bis-GMA, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. Estos primeros composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador con los consiguientes problemas derivados de la proporción,

batido y estabilidad de color. A partir de 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante radiaciones electromagnéticas que obviaban la mezcla y sus inconvenientes, se utilizó en los primeros momentos la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fue sustituida por la luz visible (427-491 nm), actualmente en uso y desarrollo (Hervás et al., 2006).

2.1.1.2 Composición. Las resinas compuestas están formadas por cuatro elementos principales: monómeros o polímeros orgánicos, partículas de relleno, agentes de unión y agentes activadores. El sistema de monómeros puede ser considerado como la columna sobre la que se vertebra la resina compuesta. Los monómeros corresponden al Bisfenol A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) y dimetacrilato de trietilenglicol (TEGMA). Las partículas de relleno mejoran la dureza, manipulación y reducen los cambios dimensionales. Los rellenos más comunes son silicatos de óxido de bario, estroncio, zinc, aluminio y circonio; y estos rellenos aparecen como partículas de varias formas (García-Contreras et al., 2014).

Los compuestos de resina consisten en una matriz polimérica reforzada por rellenos que pueden ser inorgánicos (cerámica o vitrocerámica o vidrios) o compuestos orgánicos. Como refuerzo para otros componentes, los rellenos inorgánicos contribuyen en gran medida a las propiedades mecánicas (Ferracane, 2011).

Sin embargo, no solo las propiedades de los materiales de relleno, sino también la forma del relleno de las partículas tiene una influencia considerable en las propiedades mecánicas de la resina compuesta final (Wille et al., 2016).

El tamaño de las partículas de relleno incorporadas en la matriz de las resinas comerciales ha disminuido continuamente a lo largo de los años de lo tradicional a los materiales nano-compuestos, y no solo directamente determina las propiedades mecánicas del material, también permite la reducción en el monómero contenido y, en consecuencia, la

contracción de polimerización, optimizando el desgaste, la translucidez, la opalescencia, la radiopacidad, la rugosidad intrínseca de la superficie y, por lo tanto, la capacidad de pulido, además de mejorar la estética y mejorar propiedades de manipulación. Cuanto más pequeñas sean las partículas, mejor el pulido y el brillo (Ferracane, 1995).

El agente de acoplamiento se utiliza para combinar la fase de refuerzo y la fase de matriz. El agente de acoplamiento más utilizado es un compuesto orgánico de silicio llamado agente de acoplamiento de silano, 3-metacriloiloxipropiltrimetoxisilano (MPTS). El compuesto con epoxi de monómero de silorano de baja contracción, 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, se utiliza para unir el relleno a matriz de oxirano (Craig et al., 2006).

El sistema fotoiniciador más común es la canforoquinona, acelerada por una amina terciaria, típicamente una aromática. Algunas formulaciones comerciales han incluido otros fotoiniciadores, como PPD (1-fenil-1,2-propanodiona), Lucirin TPO (óxido de monoacilfosfina) e Irgacure 819 (óxido de bisacilfosfina), que son menos amarillos que CQ y, por lo tanto, potencialmente más color estable (Ferracane, 2011).

2.1.1.3 Tipos. Comercialmente existen varios sistemas de clasificación para compuestos de resina que se han desarrollado a lo largo de los años, a base de relleno y tamaño de partículas. Por lo cual los diferentes tipos de resinas compuestas disponible son: micropartícula, híbrido, microhíbrido, y más resinas de nanopartículas recientes, que combinan las propiedades de tipos híbridos anteriores con compuestos de micropartículas. La preferencia por las resinas compuestas se debe principalmente a cuatro factores: alta fuerza de adhesión a la estructura dental; propiedades mecánicas mejoradas; su capacidad para imitar estructuras dentales; y requieren menor desgaste de la estructura dental precisamente por su buena fuerza de unión (Nunes et al., 2015).

Para abordar la importante cuestión de los cambios a largo plazo estética, los fabricantes comenzaron a formular composites de microrrelleno, sin duda llamados inapropiadamente en

ese momento, pero probablemente hecho para enfatizar que las partículas eran microscópicas. En verdad, estos materiales eran realmente nanocompuestos, ya que el tamaño promedio de las partículas de sílice de refuerzo fue de aproximadamente 40 nm (Ferracane, 2011).

Las técnicas dieron como resultado unos compuestos con partículas que eran submicrónica, típicamente con un promedio de 0,4 a 1,0 μ m, que inicialmente fueron llamados "minifills" y finalmente llegaron ser denominados "microhíbridos". Estos materiales son generalmente considerados como compuestos universales ya que se puede utilizar para la mayoría de las aplicaciones anteriores y posteriores en función de su combinación de resistencia y capacidad de pulido (Ferracane, 2011).

La nanotecnología ha conducido al desarrollo de una nueva resina compuesta, que se caracteriza por tener en su composición la presencia de nanopartículas que presentan una dimensión de aproximadamente 25 nm y nanoagregados de aproximadamente 75 nm. Las resinas generadas con este tipo de partículas, al presentar un menor tamaño de partícula, permiten un mejor acabado de la restauración, que se observa en la textura superficial de la misma disminuyendo las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo. Además, esta tecnología ha permitido que las cualidades mecánicas de la resina puedan ser lo suficientemente competentes para indicar su uso en el sector anterior y posterior. No debemos dejar de señalar que el hecho de presentar un menor tamaño de las partículas produce una menor contracción de polimerización, generando sobre las paredes del diente una menor flexión cuspídea además de disminuir la presencia de microfisuras a nivel de los bordes adamantinos, que son los responsables de la filtración marginal, cambios de color, penetración bacteriana y posible sensibilidad post-operatoria (Hervás et al., 2006).

2.1.1.4 Resinas compuestas con refuerzo de zirconio. Los rellenos de zirconio muestran potencial para mejorar las propiedades mecánicas, fortaleciendo los compuestos de resina, como lo demuestran los experimentos in vitro y clínica práctica. Sin embargo, los

compuestos comerciales de resina que contienen zirconio son pocos y los que están disponibles en el mercado son Z250, Z350 y Lava Ultimate, que fueron desarrollados e introducidos en el mercado odontológico por la compañía 3M ESPE (Yang et al., 2020).

Se ha confirmado que la zirconia tiene un marcado efecto de fortalecimiento en las propiedades mecánicas de los compuestos de resina y esta mejora es directamente proporcional a la cantidad de zirconia añadida, debido a su alta resistencia, tenacidad a la fractura, dureza y estabilidad química (Wille et al., 2016).

2.1.2 *Microdureza*

Es una medida de la resistencia a la indentación o penetración superficial permanente, es una propiedad muy importante ya que es una característica esencial para la indicación y longevidad clínica de los materiales de restauración (Nunes et al., 2015).

La microdureza superficial de los composites de resina es importante para el éxito clínico de la restauración, ya que cuanto mayor sea la microdureza del material restaurador, mejor será la resistencia al desgaste superficial y al rayado. Por lo tanto, es importante mejorar esta propiedad mecánica en la superficie al someterla a procedimientos de pulido, eliminando superficies rugosas que eventualmente afectarían la resistencia de los compuestos de resina a la masticación fuerzas, ya que pequeños relieves superficiales pueden fracturarse y facilitar la retención de placa bacteriana e incluso facilitar la formación de caries secundarias (Carrillo et al., 2022).

La microdureza de una resina compuesta no sólo es afectado por el grado de conversión, sino también por el relleno partículas presentes en el material restaurador. De este modo. Las pruebas de dureza de Knoop pueden contribuir a evaluar las propiedades mecánicas de los materiales resinosos (Nunes et al., 2015).

2.1.3 Envejecimiento artificial

El envejecimiento artificial se ha realizado frecuentemente con el método de termociclado, que simula las condiciones térmicas de la cavidad oral, así como el estrés térmico creado en los dientes y en los materiales dentales durante el tratamiento. El proceso de termociclado se realiza en condiciones experimentales e in vitro. Según la norma ISO 11405, nos indica que las temperaturas de 5°C y 55°C se considera adecuado para simular el envejecimiento a corto plazo ya que estas temperaturas son cercanas a la fisiología oral y que debería ser utilizado para estudios in vitro. El proceso consiste en poner muestras de algún biomaterial en agua con temperaturas frías y calientes en tiempos predeterminados cumpliendo un número de ciclos específicos y es así que se evalúan los cambios en las propiedades que generan las temperaturas y la absorción de agua por parte de los biomateriales (Karimzadeh et al., 2014).

El proceso de envejecimiento artificial afecta la matriz orgánica y existe un grado de conversión de los monómeros de las resinas por tanto afecta su resistencia mecánica y su estabilidad química. Según varias investigaciones, el agua genera dos cambios importantes en los materiales resinosos transformándolos de un estado elástico a plástico, aumentando el volumen de su matriz y la disolución de los componentes del composite por degradación hidrolítica. Cabe recordar que el envejecimiento artificial buscar asemejar las condiciones del medio ambiente oral por medio de la humedad, cambios de temperatura, y luz. A pesar de estos factores que se asemejan a la cavidad oral no se logra replicar todos sus cambios y alteraciones como tensiones a movimientos funcionales y parafuncionales, técnica y preparación de tallado, e incluso la condición sistémica del paciente (Ghavami et al., 2018; Zavanelli et al., 2018).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Experimental, longitudinal, comparativo, prospectivo.

3.2 Ámbito temporal y espacial

Este presente estudio se realizó en el Laboratorio HTL Certificate durante el año 2023, el cual posee la certificación NTP-ISO/IEC 17025:2017.

3.3 Variables

Variable dependiente

Microdureza

Variable independiente

Exposición a envejecimiento

Resinas reforzadas con zirconio

Operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Indicador	Dimensión	Escala	Valores
Microdureza	Medida como indicador de la capacidad de un material para resistir fuerzas de penetración.	Microdurómetro.	Cuantitativa	Razón / continua	HVN (kg/mm ²)
Envejecimiento	Bloques de resina expuestas a cambios de temperaturas durante un determinado tiempo.	Exposición en sustancia (agua destilada) de envejecimiento.	Cualitativa	Nominal / dicotómica	-Si -No
Resinas reforzadas con zirconio	Material obturador de relleno para dientes.	Marca comercial.	Cualitativa	Nominal / politómica	-Resina Forma. -Resina Vittra APS. -Resina Filtek Z350 XT.

3.4 Población y muestra

La población fueron 60 los discos de resinas reforzadas con zirconio de las marcas Forma (Ultradent), Vittra APS (FGM) y Filtek- Z350 XT (3M ESPE).

La muestra estuvo determinada por las recomendaciones de la norma ISO 4049:2019, en el punto 7.11.2.2, en donde se recomienda trabajar con 5 especímenes, pero con fines de obtener una mejor precisión se consideró 10 discos de resina en cada grupo. Considerando la distribución de los grupos de la siguiente manera:

- Grupo A: bloques de resina Forma (Ultradent, Brasil) sin exposición al envejecimiento artificial.

- Grupo B: bloques de resina Vittra APS (FGM, Brasil) sin exposición al envejecimiento artificial.
- Grupo C; bloques de resina Filtek- Z350 XT (3M ESPE, USA) sin exposición
- Grupo D: bloques de resina Forma (Ultradent, Brasil) expuestos al envejecimiento artificial.
- Grupo E: bloques de resina Vittra APS (FGM, Brasil) expuestos al envejecimiento artificial.
- Grupo F; bloques de resina Filtek- Z350 XT (3M ESPE, USA) expuestos al envejecimiento artificial.

Los materiales restauradores fueron de color A2B, A2 y EA2, respectivamente.

Criterios de selección

Para este estudio los criterios de selección son las siguientes:

Criterios de inclusión. Discos de resina que presenten medidas adecuadas, discos de resina que presenten superficie lisa, discos de resina de superficie brillante y discos de resina sin cuerpos extraños.

Criterios de exclusión. Discos de resina que no presenten las medidas adecuadas, discos de resina que presenten burbujas, discos de resina con defectos y discos de resina con cuerpos extraños.

3.5 Instrumentos

*Ficha de recolección de datos (Anexo A).

*Lámpara led de 1000 mw/cm² de potencia de radiación VALO GRAND.

*Microdurómetro Vickers Electrónico – Marca LG. Modelo HV -1000.

*Vernier digital Mitutoyo de 150 mm.

3.6 Procedimientos

Preparación de especímenes

Este presente estudio utilizó un total de 60 muestras. Se realizaron en un molde de aluminio de 10 mm de diámetro y 2mm de espesor. Estos moldes fueron verificados por un vernier digital (Mitutoyo de 150 mm).

En primer lugar, este molde se cubrió con tira de matriz transparente y un portaobjetos de vidrio por debajo. En segundo lugar, siguiendo las indicaciones de cada fabricante, se rellenó el molde con el material de resina compuesta, y fueron introducidas dentro del molde en un solo incremento de 2mm. Luego fueron cubiertos con una matriz transparente y un portaobjetos de vidrio en el lado superior con la ayuda de una prensa manual que ayudó a eliminar el exceso de material y proporcionó una superficie lisa. El fotocurado del material se realizó de forma continua a través de la parte superior e inferior del portaobjetos de vidrio, se fotopolimerizó usando una lámpara led de 1000 mw/cm² de potencia de radiación LED VALO GRAND (Ultradent) en su potencia modo estándar con rango de onda entre 385 nm a 515 nm para los bloques de resina, como indicó cada fabricante (Gutiérrez et al., 2021), considerando que para la resina FORMA- ULTRADENT el tiempo de fotocurado es de 20 segundos, la resina VITTRA-FGM su tiempo de fotocurado es 20 segundos y la resina FILTEK Z350 XT-ESPE 3M el tiempo de fotocurado es de 20 segundos. Después con cuidado se retiran las matrices celuloideas y los portaobjetos. Inmediatamente después, las muestras se almacenaron en una mufla HTL en recipientes por cada marca de resinas con agua destilada a 37 °C durante 24 horas, para que así permita que maduren los compuestos.

Se prepararon veinte muestras de cada material. Después de 24h, todos los especímenes fueron pulidos consecutivamente con discos de óxido de aluminio (Sof-lex- 3M), utilizando cuatro texturas: grueso, media, fina y extrafino (Lin et al., 2021), con una secuencia de 60s cada uno a 12.000 rpm con una pieza de baja velocidad comercial (SIGMA). Las dimensiones

de las muestras se comprueban con un vernier digital.

Posteriormente estos tres grupos resinas (n=10) pasaron por una prueba de control donde se realizó la medición de la dureza superficial mediante el ensayo de Vickers. Y los otros grupos de las tres resinas (n=10) fueron sometidos a la prueba de envejecimiento artificial mediante un termociclado para posteriormente tomar el análisis de dureza final.

Medición de la microdureza

Para la medición de la microdureza no se necesitó la calibración del investigador, debido a que esta medición fue realizada por un experto que manejó la máquina de dureza (Microdurómetro Vickers Electrónico – Marca LG. Modelo HV -1000) para obtener las mediciones.

Se realizó una prueba de microdureza con un microdurómetro, con una carga de 50g durante 20 segundos marcó tres muescas (Barve et al., 2021). Hubo una distancia de 1mm entre muescas. El valor medio se convirtió en número de dureza Vickers y se anotó en la ficha de recolección de datos (Anexo A).

Envejecimiento artificial

Las muestras de los subgrupos envejecidos fueron sometidas a envejecimiento artificial mediante una termocicladora (SIEMENS SIMATIC HMI KTP700 BASIC PANEL PROFINET, Perú) en el cual se cumplieron 2500 ciclos. Según la norma ISO/TS 11405:2015, cada ciclo constó del sumergimiento de los especímenes por 30 segundos en agua destilada a 5° C, 37°C y 55°C con un espacio de tiempo de 5 segundos (tiempo de transferencia) entre las temperaturas (Lin et al., 2021).

3.7 Análisis de Datos

Se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel para que luego sean procesadas en el paquete estadístico SPSS V. 26. Al analizar los datos se encontró que tenían distribución normal por lo cual se utilizó la prueba ANOVA y prueba T de Student para muestras independientes. Se consideró un nivel de significancia $<0,05$.

Los resultados serán presentados en tablas y figuras.

3.8 Consideraciones éticas

Se solicitó la aprobación del comité de ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Villarreal. Es estudio no presentó conflictos de intereses debido a que toda la investigación fue autofinanciada por el investigador principal.

Se respetó la autoría de la información, realizando las citas bibliográficas siguiendo la séptima edición de las Normas APA.

IV. RESULTADOS

En esta investigación realizada en resinas reforzadas con zirconio, se evaluó el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial de las resinas Forma, Vittra APS y Filtek-Z350 XT, mediante un estudio in vitro.

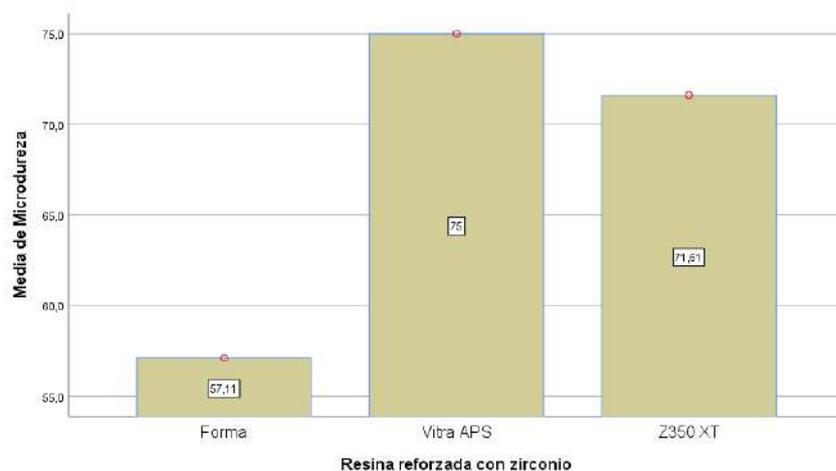
Tabla 1

Microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento artificial

	Microdureza					Valor p	Comparaciones múltiples	
	n	x	D.E.	Mínimo	Máximo		Vittra APS	Z350 XT
Forma	10	57.11	5.31	44.70	64.60	<0,001*	<0,001**	<0,001**
Vittra APS	10	75.00	3.73	68.60	80.20			0,204**
Z350 XT	10	71.61	3.72	65.70	80.20			

Figura 1

Microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento artificial



Nota. En la tabla 1 y figura 1 se realizó la prueba ANOVA donde se observa que, en los grupos sin exposición al envejecimiento artificial, la resina Vitra APS obtuvo una microdureza de $75 \pm 3,73$; seguido de la resina Z350 XT con $71,61 \pm 3,72$ y por último la resina Forma con $57,11 \pm 5,31$. También realizamos la prueba Pos hoc HSD Tukey, donde se encontró diferencias significativas entre las resinas Forma y Vitra APS, así como también entre las resinas Forma y Z350 XT.

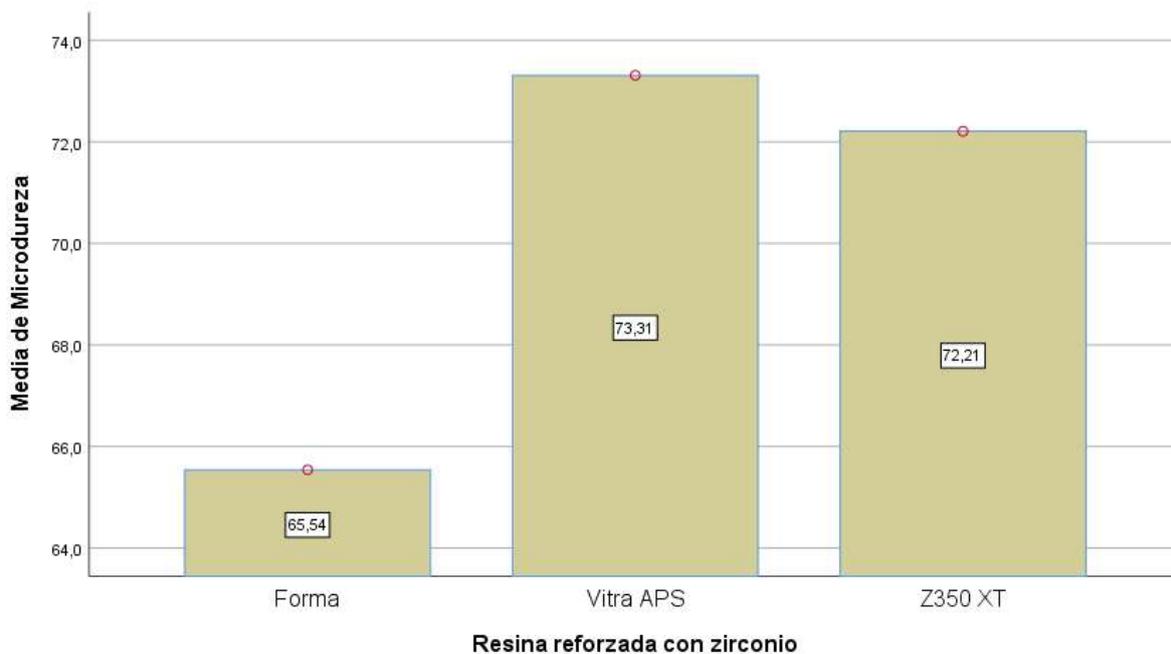
Tabla 2

Microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial

	Microdureza					Valor p	Comparaciones múltiples	
	n	x	D.E.	Mínimo	Máximo		Vittra	Z350 XT
							APS	
Forma	10	65.54	3.08	60.60	69.70	0,001*	0,002**	0,007**
Vittra APS	10	73.31	3.44	66.00	79.00			0,847**
Z350 XT	10	72.21	6.19	65.30	83.30			

Figura 2

Microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial



Nota. En la tabla 2 y figura 2 se realizó la prueba ANOVA donde se observa que, en los grupos expuestas al envejecimiento artificial, la resina Vitra APS obtuvo una microdureza de $73,31 \pm 3,44$; seguido de la resina Z350 XT con $72,21 \pm 6,19$ y por último la resina Forma con $65,54 \pm 3,08$. También realizamos la prueba Pos hoc HSD Tukey, donde se encontró diferencias significativas entre las resinas Forma y Vitra APS, así como también entre las resinas Forma y Z350 XT.

Tabla 3

Microdureza superficial de las resinas reforzadas de zirconio sin exposición y con exposición al envejecimiento artificial

	No expuesto a envejecimiento artificial		Expuesto a envejecimiento artificial		Valor p
	x	D.E.	x	D.E.	
Forma	57.11	5.31	65.54	3.08	<0,001*
Vittra APS	75.00	3.73	73.31	3.44	0,306*
Z350 XT	71.61	3.72	72.21	6.19	0,797*

Nota. En la tabla 3 se realizó la prueba T de Student para las muestras independientes, donde se puede observar que existe diferencia estadísticamente significativa entre la microdureza de la resina Forma no expuesta y expuesta a envejecimiento artificial ($p < 0,001$), además de que el envejecimiento aumentó la microdureza de esta resina. Mientras que en las demás resinas no se encontró diferencias significativas entre los grupos expuestos y no expuestos al envejecimiento artificial.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo evaluar el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial *in vitro* en resinas reforzadas con zirconio. Y los resultados revelaron que el envejecimiento artificial generó cambios significativos sobre la microdureza superficial de esas nuevas resinas reforzadas con zirconio, por lo que se rechazó la hipótesis nula formulada.

En los resultados sobre la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento, el mayor valor de microdureza lo encontramos en la resina Vittra APS ($75 \pm 3,73$), seguido de la resina Z350 XT ($71,61 \pm 3,72$) siendo la diferencia entre estas dos no significativa ($p = 0,204$). Resultados que coinciden con Lin et al. (2021) quien también encontró una resina de compuesto experimental nanohíbrida de cáscara de arroz reforzado con zirconio ($77,85 \pm 2,47$) de mayor microdureza que la resina Z350 XT ($67,88 \pm 1,94$), sin embargo, al realizar la comparación de los promedios se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,001$). Además, Ramachandran et al. (2018) encontraron valores de la microdureza superficial de la resina Z350 ($70,28 \pm 5,08$) parecidos a nuestros resultados, pero que fueron superados por una resina microhíbrida ($87,39 \pm 4,13$). Lo cual nos indica que hoy en día existen nuevas resinas con mejores propiedades mecánicas.

En los resultados sobre la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial, el mayor valor de microdureza lo encontramos en la resina Vittra APS ($73 \pm 3,44$), seguido de la resina Z350 XT ($72,21 \pm 6,19$) siendo la diferencia entre estas dos no significativa ($p = 0,847$). Resultados que coinciden con Lin et al. (2021) quien también encontró una resina de compuesto experimental nanohíbrida de cáscara de arroz reforzado con zirconio ($88,35 \pm 3,21$) de mayor microdureza que la resina Z350 XT ($75,65 \pm 1,58$), sin embargo, al realizar la comparación de los promedios se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,001$). Sin embargo, Ramachandran et al. (2018)

encontraron valores de la microdureza superficial muchos menores de la resina Z350 ($62,98 \pm 3,88$) que nuestros resultados, pero que fueron superados por una resina microhíbrida ($82,83 \pm 5,77$). Lo cual nos indica que estos últimos resultados podrían verse alterados por el tipo de envejecimiento sobre las resinas.

Al comparar la microdureza superficial de las resinas reforzadas de zirconio sin exposición y con exposición al envejecimiento artificial, en nuestros resultados encontramos que los bloques de resina Forma y Z350 XT expuestos al envejecimiento artificial tenían mayor microdureza, siendo esta diferencia estadísticamente significativa solo para la resina Forma ($p < 0,001$), por otro lado los bloques de resina Vittra APS expuestos a envejecimiento artificial mostraron valores menores que el grupo no expuesto de la misma resina. Ramachandran et al. (2018) también encontró que las resinas expuestas al envejecimiento artificial mostraron valores de microdureza más bajos que el grupo de resinas no expuestas, esta diferencia con nuestros resultados puede deberse a la consistencia de las resinas y sus propiedades químicas.

Con respecto a la resina compuesta, un valor elevado de dureza es un buen indicador de su capacidad para resistir el desgaste, la abrasión y evitar la formación de superficies. Varios factores que pueden influir en la dureza de la resina compuesta incluyen el tamaño del relleno, el contenido del relleno y el tipo de monómero de resina utilizado (Chen, 2010; Sabatini 2013).

El método de envejecimiento artificial utilizado en el presente estudio permite una mejor evaluación de la degradación de las resinas compuestas en un corto período de tiempo al estimular el envejecimiento fisiológico de los materiales en la cavidad bucal (Gomes et al, 2008; Melo et al, 2011). Aunque estudios previos revelaron que la dureza de las resinas compuestas disminuía después del envejecimiento artificial (Krüger et al, 2018).

Esta investigación nos permite conocer el comportamiento de sus propiedades físicas-mecánicas en estas nuevas resinas que se distribuyen en el ámbito odontológico. Aunque si bien este estudio se realizó a base de las normas ISO y artículos base, resulta difícil simular

con exactitud el medio de la cavidad bucal, lo cual podría considerarse como una limitación general de los estudios in vitro.

VI. CONCLUSIONES

- En el grupo de resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento artificial, la resina que presentó mayor microdureza fue la Vittra APS. Y la resina Forma fue la resina con menor microdureza comparadas con las resinas Vittra APS y la resina Z350 XT.
- En el grupo de resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial, la resina que presentó mayor microdureza fue la Vittra APS. Y la resina Forma fue la resina con menor microdureza comparadas con las resinas Vittra APS y la resina Z350 XT.
- La resina Forma fue la única resina que aumentó significativamente su microdureza después de la exposición al envejecimiento artificial en comparación al grupo no expuesto.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda agregar la variable del tiempo de fotocurado en futuras investigaciones de resinas reforzadas con zirconio.
- Se recomienda realizar estudios que incluyan la variable de tiempo de pulido y sistemas de pulido sobre las propiedades mecánicas de las resinas reforzadas con zirconio.
- Se recomienda continuar investigando sobre las nuevas resinas reforzadas que aparecen en nuestro medio.

VIII. REFERENCIAS

- Alfawaz, Y. (2017). Impact of polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(8), 647-651. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2100>
- Amooz, N., y Pirouzán, M. (2017). A study of the micro-hardness of silorane-based and methacrylate-based composites after one-month water storage. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 8(4), 1148-1155. <https://bipublication.com/files/ijabr201784156Nafiseh.pdf>
- Alzraikat, H., Burrow, M. F., Maghaireh, G. A., y Taha, N. A. (2018). Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Operative dentistry*, 43(4), 173–190. <https://doi.org/10.2341/17-208-T>
- Barve, D., Dave, P., Gulve, M., Saquib, S., Das, G., Sibghatullah, M., y Chaturvedi, S. (2021). Assessment of microhardness and color stability of micro-hybrid and nano-filled composite resins. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 24(10), 1499-1505. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_632_20
- Catelan, A., Briso, A. L., Sundfeld, R. H., y Dos Santos, P. H. (2010). Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 22(5), 324–330. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00360.x>
- Carrillo, A., Salazar, G., Castro, L., Ladera, M., López, C., Cachay, H., Aliaga, A., Cornejo, A., Cervantes, L., y Cayo, C. F. (2022). La evaluación de la microdureza y la rugosidad de la superficie de los compuestos de resina Bulk-Fill tratados con y sin la aplicación de una capa de oxígeno inhibido y un sistema de pulido: un estudio in vitro. *Polímeros*, 14(5), 3053. <https://doi.org/10.3390/polym14153053>

- Cetin, A.R., Unlu, N., y Cobanoglu, N. (2013). A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth. *Oper Dent*, 38, 1-11. <https://doi.org/10.2341/12-160-C>
- Chen, M.H. (2010). Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*, 89(6), 549-560. <https://doi.org/10.1177/0022034510363765>
- Chen, M., Li, J. Z., Liu, C., Jiang, H., y Du, M. Q. (2019). Accelerated aging effects on color, microstructure of ICON resin infiltration. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, (23), 7722-7731. https://doi.org/10.26355/eurev_201909_18981
- Chen M. H. (2010). Update on dental nanocomposites. *Journal of dental research*, 89(6), 549–560. <https://doi.org/10.1177/0022034510363765>
- Cho, K., Rajan, G., Farrar, P., Prentice, L., y Prusty, B. G. (2022). Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Composites Part B: Engineering*, 230, 1-22. <http://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109495>
- Craig, R. G., Powers, J. M., y Sakaguchi, R. L. (2006). *Craig's restorative dental materials*. 13th edition. Elsevier.
- De Almeida, T., Marco, T., Martins, C., y Fioranelli, G. (2008). Microhardness assessment of different commercial brands of resin composites with different degrees of translucence. *Brazilian Oral Research*, 22(4), 358-63. <https://www.scielo.br/j/bor/a/P4k3F4Pq4qV5twvkKXCvrvJ/?lang=en>
- De Moraes, R. R., Marimon, J. L., Schneider, L. F., Sinhoreti, M. A., Correr-Sobrinho, L. y Bueno, M. (2008). Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 17(4), 323–326. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00295.x>

- Dionysopoulos, D., Papadopoulos, C., y Koliniotou-Koumpia, E. (2015). Effect of temperature, curing time, and filler composition on surface microhardness of composite resins. *Journal of conservative dentistry*, 18(2), 114–118. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.153071>
- Esquivel, I. (2017). *Tratamiento de superficie en restauraciones indirectas de óxido de zirconio para mejorar su adhesión*. [Título de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México]. Repositorio Institucional BUAP.
- Ferracane J. L. (2011). Resin composite--state of the art. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Ferracane J. L. (1995). Current trends in dental composites. *Critical reviews in oral biology and medicine: an official publication of the American Association of OralBiologists*, 6(4), 302–318. <https://doi.org/10.1177/10454411950060040301>
- García-Contreras, R., Scougall-Vilchis, R., Acosta-Torres, L., Arenas-Aroccena1, M., García-Garduño, R., y De la Fuente-Hernández, J. (2014). Vickers microhardness comparison of 4 composite resins with different types of filler. *Journal of oral research*, 4(5), 313-320. <http://doi.org/10.17126/joralres.2015.061>
- Ghavami-Lahiji, M., Firouzmanesh, M., Bagheri, H., Jafarzadeh Kashi, T. S., Razazpour, F., y Behroozibakhsh, M. (2018). The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite. *Restorative dentistry and endodontics*, 43(2), 26. <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e26>
- Gorning, D, C., Maletz, R., Ottl, P., y Warkentin, M. (2022). Influence of artificial aging: mechanical and physicochemical properties of dental composites under static and dynamic compression. *Clin Oral Invest*, 26, 1491-1504. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04122-0>.

- Guamán, J. (2019). *Estudio comparativo in vitro: resistencia comprensiva entre un sistema de resina compuesta monoincremental y uno convencional sometidos a termociclado*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja, Colombia]. Repositorio Institucional UNL.
- Guo, G., Fan, Y., Zhang, J., Hagan, J., y Xu, X. (2012). Novel dental composites reinforced with zirconia-silice ceramic nanofibers. *Dental Materials*, 28, 360-368. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.006>
- Gutiérrez, A. y Renteros, D. (2021). *Comparación de la microdureza in vitro de tres resinas Bulk Fill*. [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Arequipa, Perú]. Repositorio Institucional UCV.
- Hampe, R., Lümkemann, N., Sener, B. y Stawarczyk, B. (2018). The effect of artificial aging on Martens hardness and indentation modulus of different dental CAD/CAM restorative materials. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 86, 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.06.028>
- Heintze, S. D., Rousson, V. y Hickel, R. (2015). Clinical effectiveness of direct anterior restorations--a meta-analysis. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 31(5), 481–495. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.01.015>
- Hervás, A., Martínez, M., Cabanes, J., Barjau, A., y Fos, P. (2006). Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 11(2), 215-220. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023
- Huavil, K. L. y Nieves, L. (2019). *Microdureza superficial entre dos resinas compuestas a base de zirconia, según el momento del pulido: Estudio in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Medrano, Perú]. Repositorio Institucional UNHEVAL.

- Husain, N., Feilzer, A., Kleverlaan, C., Abou-Ayash, S., y Özcan, M. (2022). Effect of hydrothermal aging on the microhardness of high and low-viscosity conventional and additively manufactured polymers. *The journal of prosthetic dentistry*, 128, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.08.022>
- Karimzadeh, A., Ayatollahi, M. R., y Shirazi, H. A. (2014). Mechanical Properties of a Dental Nano-Composite in Moist Media Determined by Nano-Scale Measurement. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 2(1), 67–72. <https://doi.org/10.7763/IJMMM.2014.V2.102>
- Kilinc, H. y Turgut, S. (2018). Optical behaviors of esthetic CAD-CAM restorations after different surface finishing and polishing procedures and UV aging: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(1), 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.019>
- Krüger, J., Maletz, R., Ottl, P., y Warkentin, M. (2018). In vitro aging behavior of dental composites considering the influence of filler content, storage media and incubation time. *PLoS One*, 13(4), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195160>
- Lin, G. S. S., Ghani, N. R. N. A., Ismail, N. H., Singbal, K., Noorani, T. Y., y Mamat, N. (2021). New Experimental Zirconia-Reinforced Rice Husk Nanohybrid Composite and the Outcome of Its Surface Roughness and Microhardness in Comparison with Commercialized Nanofilled and Microhybrid Composite Resins. *Contemporary clinical dentistry*, 12(1), 21–27. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_298_20
- Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C. y Monaco, A. (2014). Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 29, 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.09.013>

- Morresi, A. L., D'Amario, M., Monaco, A., Rengo, C., Grassi, F.R., y Capogreco, M. (2015). Effects of critical thermal cycling on the flexural strength of resin composites. *Journal of oral science*, 57(2), 137-143. <https://doi.org/10.2334/josnusd.57.137>
- Naranjo, J. (2022). *Efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza Knoop de 3 biomateriales resinosos indicados para la reconstrucción de muñón. Estudio in vitro*. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.
- Nicoluzzi, A., Ribeiro, M., Candido dos Reis A., Rabelo, J.C. y Candido, S. (2008). Influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(4), 465-468. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000400011
- Nogueira, P., Rabelo, J.C., Ribeiro, M., Candido, A. y Candido, S. (2009). Efecto del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a compresión de resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*, 47(1), 54-61. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000163652008000400011#:~:text=Los%20valores%20medios%20de%20resistencia,Charisma%20presento%20diferencias%20estad%C3%ADsticamente%20significantes.
- Nunes, M., Porcelli, I., y Franco, E. (2015). Influence of different storage media on the microhardness of composite resins. *Oral Science*, 7(1), 7-13. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/oralsciences/article/view/9535>
- Pala, K., Tekçe, N., Tuncer, S., Demirci, M., Öznurhan, F. y Serim, M. (2017). Flexural strength and microhardness of anterior composites after accelerated aging. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(3), 424-430. <https://doi.org/10.4317/jced.53463>
- Pérez, E., López, E., Román, C., Gutiérrez, J., y Vargas, M. (2019). Presencia de rugosidades en la resina después de utilizar un método de envejecimiento artificial. *Oral*, 20(64), 1755-1757.

<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=90260>

Quintanilla, C.A. (2016). Comparación de la microdureza superficial in vitro de una resina compuesta fotoactivada a diferentes temperaturas y tiempos de climatización. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú].
<https://hdl.handle.net/20.500.12866/469>

Ramachandran, G., Madhusudanan, P., Pillai, R., Varghese, N., George, S. y Sujathan, U. (2018). Effect of Thermocycling on Microhardness of Two Nanohybrid and One Microhybrid Composites Cured at Different Durations: An in vitro Study. *Conservative Dentistry and Endodontic Journal*, 3(1), 27-33.
<https://www.cdejournal.com/doi/CDEJ/pdf/10.5005/jp-journals-10048-0035>

Rodríguez, J.M. (2020). *Efecto del envejecimiento artificial sobre la Resistencia a la flexión de 3 biomateriales resinosos indicados para la reconstrucción de muñon. Estudio in vitro*. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador, Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.

Saade, J., Skienhe, H., Ounsi, H. F., Matinlinna, J. P. y Salameh, Z. (2020). Evaluation Of The Effect Of Different Surface Treatments, Aging And Enzymatic Degradation On Zirconia-Resin Micro-Shear Bond Strength. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 12, 1–8. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S219705>

Sabatini, C. (2013). Comparative study of surface microhardness of methacrylate-based composite resins polymerized with light-emitting diodes and halogen. *European journal of dentistry*, 7(3), 327–335. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.115417>

Salas, Y.M. (2013). *Estudio in vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilato Z350XT y Silorano P90*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú]. Repositorio Institucional UNMSM.

Santos, M. J., Rêgo, H. M., Mukhopadhyay, A., El Najjar, M. y Santos, G. C., Jr. (2016). Effect

- of artificial aging on the surface roughness and microhardness of resin-based materials. *General dentistry*, 64(2), 13–17.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26943095/>
- Schulze, K. A., Marshall, S. J., Gansky, S. A. y Marshall, G. W. (2003). Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 19(7), 612–619.
[https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(03\)00003-4](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(03)00003-4)
- Senawongse, P., y Pongprueksa, P. (2007). Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 19(5), 265–275. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x>
- Shah, Y. R., Shiraguppi, V. L., Deosarkar, B. A. y Shelke, U. R. (2021). Long-term survival and reasons for failure in direct anterior composite restorations: A systematic review. *Journal of conservative dentistry*, 24(5), 415–420.
https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_527_21
- Tang, X., Luo, H., Bai, Y., Tang, H., Nakamura, T. y Yatani, H. (2015). Influences of multiple firings and aging on surface roughness, strength and hardness of veneering ceramics for zirconia frameworks. *Journal of dentistry*, 43(9), 1148–1153.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.006>
- Taşın, S., Celik, G., İsmatullaev, A. y Usumez, A. (2022). The effect of artificial accelerated aging on the color stability, microhardness, and surface roughness of different dental laminate veneer materials. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 34(2), 405–411.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12567>
- Tuncdemir, A. R. y Aykent, F. (2012). Effects of fibers on the color change and stability of resin composites after accelerated aging. *Dental materials journal*, 31(5), 872–878.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2012-059>

- Wille, S., Hölken, I., Haidarschin, G., Adelung, R. y Kern, M. (2016). Biaxial flexural strength of new Bis-GMA/TEGDMA based composites with different fillers for dental applications. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 32(9), 1073–1078. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.06.009>
- Wang, T., Tsoi, J. K. y Matinlinna, J. P. (2016). A novel zirconia fibre-reinforced resin composite for dental use. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 53, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.08.018>
- Yang, J., Shen, J., Wu, X., He, F., Xie, H., y Chen, C. (2020). Effects of nano-zirconia fillers conditioned with phosphate ester monomers on the conversion and mechanical properties of Bis-GMA- and UDMA-based resin composites. *Journal of dentistry*, 94, 103306. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103306>
- Zaracho, D., Figueroa, C. y Aguilera, R. (2017). Evaluation of the Surface microhardness of composite resins. *International Journal of Medical and Surgical Sciences*, 4(3), 1203-1208. <https://doi.org/10.32457/ijmss.2017.021>
- Zavanelli, A. (2018). Microhardness of luting agents used for fiber post cementation submitted to thermo cycling. *Journal of Advanced Clinical and Research Insights*, 1(2), 46-49. <http://dx.doi.org/10.15713/ins.jcri.13>

IX. ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuál será el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de las diferentes resinas reforzadas con zirconio?	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto del envejecimiento artificial sobre la microdureza superficial in vitro de resinas reforzadas con zirconio.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio sin exposición al envejecimiento artificial - Determinar la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio expuestas al envejecimiento artificial - Comparar la microdureza superficial de las resinas reforzadas de zirconio sin exposición y con exposición al envejecimiento artificial 	El envejecimiento artificial genera cambios significativos sobre la microdureza superficial de las resinas reforzadas con zirconio.	<p>Variable Dependiente</p> <p>Microdureza</p> <p>Variable Independiente</p> <p>-Exposición a envejecimiento. -Resinas reforzadas con zirconio.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Experimental, longitudinal, comparativo, prospectivo.</p> <p>Ámbito temporal y espacial</p> <p>Laboratorio High Technology Laboratory Certificate en el año 2023.</p> <p>Población y Muestra</p> <p>La población fueron los discos de resinas reforzadas con zirconio de las marcas Forma (Ultradent), Vittra APS (FGM) y Filtek- Z350 XT (3M ESPE).</p> <p>La muestra estuvo determinada por las recomendaciones de la norma ISO 4049:2019, en el punto 7.11.2.1, por lo cual se trabajará con 10 discos de resina en cada grupo.</p>

Anexo B: Norma ISO 4049:2019, en el punto 7.11.2.2

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
4049

Fifth edition
2019-05

**Dentistry — Polymer-based
restorative materials**

*Médecine bucco-dentaire — Produits de restauration à base de
polymères*



Reference number
ISO 4049:2019(E)

© ISO 2019

7.11.2 Preparation of test specimens

7.11.2.1 Class 1 materials

Cover one of the metal plates (7.11.1.2) with the filter paper (7.11.1.5) followed by the film (7.11.1.4), and position the mould (7.11.1.1) upon it. Prepare the material in accordance with the manufacturer's instructions and immediately place it as evenly as possible without bubbles or voids into the mould with a slight excess. Place a second piece of film onto the material in the mould and cover this with the second metal plate.

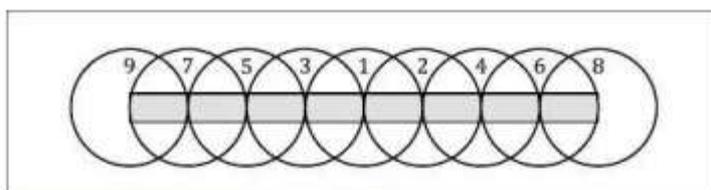
Apply pressure to displace the excess material by means of the clamp (7.11.1.3) for 1 min. After the manufacturer's recommended curing time place the assembly in the water bath (7.11.1.6), maintained at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. After 60 min from the start of mixing, separate the mould and remove the specimen carefully. Inspect the specimen visually for any bubbles, voids or other defects. If there are any irregularities, the specimen shall be discarded and a new one made. Remove any flash by gently abrading it with 320 grit abrasive paper. Store the specimen in water (7.1) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ until the start of testing (see 7.11.3).

Prepare five specimens.

7.11.2.2 Class 2 and Class 3 materials

Prepare the material in accordance with the manufacturer's instructions and fill the mould with the material, as described in 7.11.2.1. For Class 2 Group 1 and Class 3 materials, replace one of the metal plates with a glass slide (7.11.1.2), and place the exit window of the external energy source (7.11.1.7) at the centre of the specimen and against the glass plate. Irradiate that section of the specimen for the recommended exposure time. Move the exit window to the section next to the centre overlapping the previous section by half the diameter of the exit window and irradiate for the appropriate time. Then irradiate the section on the other side of the centre in the same way. Continue this procedure until the entire length of the specimen has been irradiated for the recommended exposure time. Repeat the irradiation procedure on the other side of the specimen. (See Figure 7.) Place the assembly in the

bath maintained at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 15 min. Then remove the specimen from the mould and carefully remove any flash by gently abrading it with 320 grit abrasive paper. Store in water (7.1) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ until the start of testing (see 7.11.3).



NOTE In the example, the diameter of the irradiation window of the external energy source is 7 mm.

Figure 7 — Schematic diagram of overlapping irradiation zones for the preparation of the flexural strength specimens

For Class 2 Group 2 materials, follow the manufacturer's instructions regarding the use of the external energy source, (see Table 4, item 20). If the instructions require a preliminary exposure to blue light prior to the placement of the specimen into the external energy apparatus, perform this exposure in accordance with the procedure specified in the paragraph above (Group 1 materials). Remove the specimen from the mould and carefully remove any flash by gently abrading it with 320 grit abrasive paper. Place it directly in the external energy apparatus. After curing, remove the specimen from the apparatus and store in water (7.1) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ until the start of testing (see 7.11.3).

If no preconditioning is required prior to the insertion of the material in the apparatus, the material and the mould shall be placed in the apparatus for curing. After curing, remove the specimen from the mould and carefully remove any flash by gently abrading it with 320 grit abrasive paper. Store in water (7.1) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ until the start of testing, (see 7.11.3).

Prepare five specimens.

7.11.2 Preparación de especímenes de prueba

7.11.2.1 Materiales Clase 1

Cubrir una de las placas metálicas (7.11.1.2) con el papel de filtro (7.11.1.5) seguido de la película (7.11.1.4) y colocar el molde (7.11.1.1) sobre ella. Prepare el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante e inmediatamente colóquelo lo más uniformemente posible sin burbujas ni huecos en el molde con un ligero exceso. Coloque una segunda pieza de película sobre el material en el molde y cúbrala con la segunda placa de metal.

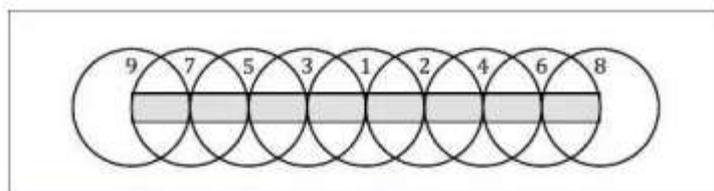
Aplicar presión para desplazar el exceso de material mediante la abrazadera (7.11.1.3) durante 1 min. Después de la tiempo de curado recomendado por el fabricante coloque el conjunto en el baño de agua (7.11.1.6) mantenido a $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. Después de 60 min desde el inicio de la mezcla, separe el molde y retire la muestra con cuidado. Inspeccione visualmente la muestra en busca de burbujas, huecos u otros defectos. Si hay alguna irregularidad, el espécimen será desechado y se hará uno nuevo. Retire cualquier pestaña limpiándola suavemente con grano 320 papel abrasivo. Guarde la muestra en agua (7.1) a $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ hasta el comienzo de la prueba (consulte 7.11.3).

Preparar -ive especímenes.

7.11.2.2 Materiales Clase 2 y Clase 3

Preparar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante y llenar el molde con el material, como se describe en 7.11.2.1. Para materiales Clase 2 Grupo 1 y Clase 3, reemplace una de las placas de metal con un portaobjetos de vidrio (7.11.1.2) y coloque la ventana de salida de la fuente de energía externa (7.11.1.7) en el centro de la muestra y contra el plato de vidrio. Irradie esa sección de la muestra durante el tiempo de exposición recomendado. Mueva la ventana de salida a la sección al lado del centro superponiendo la sección anterior por la mitad del diámetro de la ventana de salida e irradie durante el tiempo apropiado. Luego irradie la sección del otro lado del centro de la misma manera. Continúe con este procedimiento hasta que se haya irradiado toda la longitud de la muestra durante el tiempo de exposición recomendado. Repita el procedimiento de irradiación en el otro lado de la muestra. (Vea la Figura 7.) Coloque el conjunto en el agua.

Ve a la sección de preparación de especímenes de prueba (ver 7.11.3).



NOTA En el ejemplo, el diámetro de la ventana de irradiación de la fuente de energía externa es de 7 mm.

Figura 7 — Diagrama esquemático de zonas de irradiación superpuestas para la preparación del -muestras de resistencia a la flexión

Para materiales de Clase 2 Grupo 2, siga las instrucciones del fabricante con respecto al uso de la fuente de energía externa (ver Tabla 4, ítem 20). Si las instrucciones requieren una exposición preliminar a la luz azul antes de la colocación de la muestra en el aparato de energía externa, realice esta exposición de acuerdo con el procedimiento especificado en el párrafo anterior (materiales del Grupo 1). Retire el espécimen del molde y retire con cuidado cualquier pestaña lijándola suavemente con papel abrasivo de grano 320. Colóquelo directamente en el aparato de energía externa. Después del curado, retire la muestra del aparato y guárdela en agua (7.1) a $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ hasta el comienzo de la prueba (consulte 7.11.3).

Si no se requiere preacondicionamiento antes de la inserción del material en el aparato, el material y el molde se colocará en el aparato para el curado. Después del curado, retire la muestra del molde y retire con cuidado cualquier pestaña lijándola suavemente con papel abrasivo de grano 320. Almacenar en agua (7.1) a $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ hasta el inicio de la prueba (ver 7.11.3).

Preparar -ive especímenes.

Anexo C: Norma ISO/TS 11405:2015, en el punto 5.1.4.5.

TECHNICAL
SPECIFICATION

PD ISO/TS 11405:2015

**ISO/TS
11405**

Third edition
2015-02-01

**Dentistry — Testing of adhesion to
tooth structure**

Art dentaire — Essais d'adhésion à la structure de la dent



Reference number
ISO/TS 11405:2015(E)

© ISO 2015

5.1.4.5 Storage of test specimens

Test specimens should be prepared at $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and stored in water at $(37 \pm 2) ^\circ\text{C}$ prior to testing. Storage in water for 24 h is normally sufficient to discriminate between materials that may withstand a wet environment and those that may not. Thermocycling between $5 ^\circ\text{C}$ and $55 ^\circ\text{C}$ may be used as an accelerated ageing test. Longer periods of water storage may be necessary to show durability of the bond. Simple water storage has been found to mimic clinically observed restoration degradation.^[19]

The recommended procedures are the following:

- test type 1: short-term test after 24 h in water at $37 ^\circ\text{C}$;
- test type 2: thermocycling test comprising 500 cycles in water between $5 ^\circ\text{C}$ and $55 ^\circ\text{C}$ starting after (20 – 24) h storage in water at $37 ^\circ\text{C}$;

The exposure to each bath should be at least 20 s and the transfer time between baths should be (5 – 10) s.

- test type 3: long term test after six months storage in water at $37 ^\circ\text{C}$ (medium changed every seven days to avoid contamination).

The specimens should be tested for bond strength immediately after removal from water.

5.1.4.6 Tensile loading

Perform the test at $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(50 \pm 10) \% \text{RH}$. Mount the tensile test specimen in the testing apparatus. Do not apply any bending or rotational forces to the adhesive material during mounting. Apply the tensile load as described in [5.1.4.7](#).

5.1.4.7 Strain rate for bond breakage

The standard strain rate for testing a bonded specimen is recommended to be $(0,75 \pm 0,30) \text{ mm/min}$ crosshead speed or a loading rate of $(50 \pm 2) \text{ N/min}$.

NOTE The stiffness of the various testing machines and bond assemblies varies widely and hence, loading rate is more meaningful than crosshead speed.

5.2 Gap measurement test for adhesion to dentine

5.2.1 General

The gap measurement test is another approach that may demonstrate the efficacy of an adhesive material that is intended to bond a filling material to dentine.^{[5],[6]} This type of test involves the laboratory preparation of a tooth cavity and its subsequent filling by the test material or combination of materials. The resulting “restoration” and tooth are sectioned or ground to reveal the cavity wall/restoration interface.

If the filling has been placed correctly, the principal reason for the formation of a gap or gaps around it is the polymerization shrinkage of the restorative material system. The dentine-bonding agent is intended to withstand the forces of this shrinkage and, if it is totally effective, no gap will be formed.

If the bond is partially effective at withstanding the forces, some of the polymerization shrinkage will be manifested by external dimensional changes before the interface breaks down. Therefore, a small gap will demonstrate a more effective agent compared to the one associated with a large gap. The test may be used to evaluate the effectiveness of the adhesive at various times after completion of the restoration.

It is important that if a particular bonding agent is recommended for a specific restorative material, then this particular combination should be tested. The test is technique sensitive and the tester needs good training in handling and application of all the materials used in the procedure as well as being proficient at dental cavity preparation.^[5]

Anexo D: Carta de presentación al laboratorio



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 28 de febrero de 2023

Ingeniero Mecánico
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología Srta. Ruth Andrea Quillas Huamán, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL SOBRE LA MICRODUREZA
SUPERFICIAL EN RESINAS REFORZADAS CON ZIRCONIO: ESTUDIO IN VITRO»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Quillas quien realizará el siguiente trabajo:

- ✓ *Ensayo de microdureza Vickers preconditionado con envejecimiento artificial mediante un termociclado en resinas reforzadas con zirconio.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



DR. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN
DECANO



Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Se adjunta: Plan de Tesis

007-2023
NT: 011449 - 2023

AAMM/Luz V.

Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre
8335
e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.: 7480888 -

Anexo E: Certificado de Laboratorio


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LMF - 2022 - 033

Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2022-11-29
 Fecha de expiración: 2023-11-30
 Expediente: LMC-2022-0789

1. SOLICITANTE : **HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C**
 Dirección : Jirón Las Nepentás Nro. 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **DURÓMETRO**

Marca : LG
 Modelo : HV-1000
 Serie : No Indica
 Identificación : 8975 (*)
 Procedencia : Corea
 Tipo : Digital
 Ubicación : No Indica
 Fecha de Calibración : 2022-11-28

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN:

La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
 Jirón Las Nepentás Nro. 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	59 % HR	58 % HR

LABORATORIOS MECALAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Gerente de Metrología



NMELAB
 Ingeniería & metrología

Firmado digitalmente
 por Jorge Padilla
 Dueñas
 Fecha: 2022.11.29
 23:00:06 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LABORATORIOS MECALAB

6. PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón	Marca	Certificado de Calibración
METROIL	Termohigrómetro	ELITECH	IAT-2832-2022 Cal: Setiembre 2022
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	200 HV	HV L-6
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	413 HV	HV L-7
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	744 HV	HV L-8

7. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:**ERROR DE INDICACIÓN**

Condiciones Ambientales			
Inicial	24,3	Final	24,4

Valor Patrón	Indicación	Corrección	Incertidumbre	Unidades
200,0	199,9	0,1	0,13	HV
413,0	412,6	0,4	0,13	HV
744,0	744,3	-0,3	0,13	HV

ERROR DE REPETIBILIDAD

Condiciones Ambientales			
Inicial	24,4	Final	24,5

Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)
200,0	200,1	-0,1
200,0	200,1	-0,1
200,0	200,1	-0,1
200,0	200,1	-0,1
200,0	200,1	-0,1



Error de repetibilidad: 0,10 HV
Incertidumbre: 0,13 HV

8. OBSERVACIONES:

- (*) Identificación asignada por HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta está basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

9. CONCLUSIONES:

- De las mediciones realizadas se concluye que el instrumento se encuentra **calibrado** debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.

FIN DEL DOCUMENTO

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB"

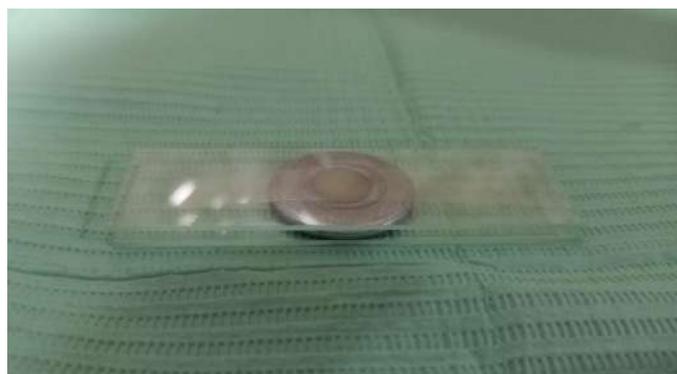
Anexo F: Ficha de recolección de datos

	Material	Muestra	Microdureza (indentaciones)			Dureza promedio HV (Kg/mm ²)
			1	2	3	
GRUPO SIN EXPOSICIÓN AL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL (CONTROL)	A: FORMA- ULTRADENT	1				
		2				
		3				
		4				
		5				
		6				
		7				
		8				
		9				
		10				
	B: VITTRA- FGM	11				
		12				
		13				
		14				
		15				
		16				
		17				
		18				
		19				
		20				
	C: FILTEK Z350- 3M ESPE	21				
		22				
		23				
		24				
		25				
		26				
		27				
		28				
		29				
		30				

Anexo G: Procedimientos



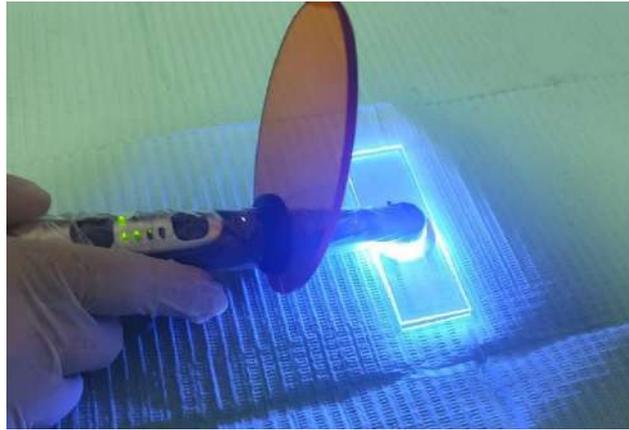
Material utilizado.



Elaborado el disco resinoso, sobre cubreobjetos y cintas celuloideas.



Presión manual mediante una prensa de palanca comercial, que ayudará a eliminar el exceso de material y proporcionará una superficie lisa en el disco resinoso.



Polimerización de la muestra.



Medición de los discos 10mm de diámetro x 2 mm de espesor con el vernier digital Mitutoyo.



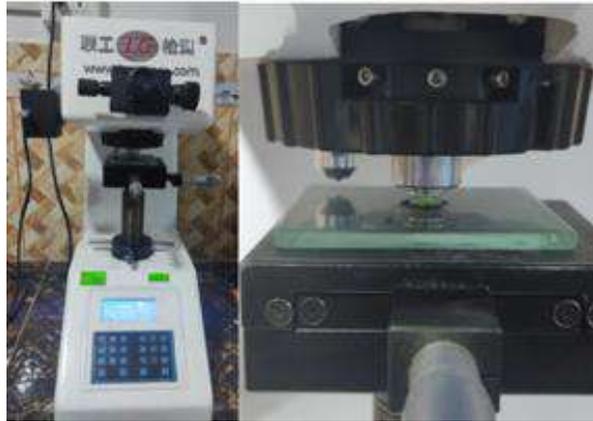
Se almacenan en recipientes por cada grupo de resinas en una mufla HTL con agua destilada a 37 °C durante 24 horas.



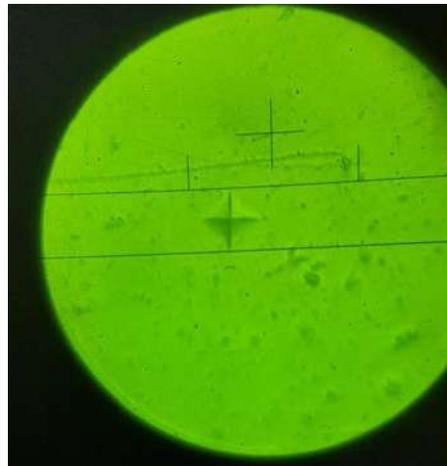
Pulimos con discos de óxido de aluminio (Sof-lex- 3M), utilizando cuatro texturas: grueso, media, fina y extrafino; con una pieza de baja velocidad comercial (SIGMA).



Los discos de cada grupo resinoso pasaran por dos grupos: control (n=10) y experimental (n=10).



Prueba de microdureza en una muestra compuesta usando una máquina de dureza
(Microdurómetro Vickers Electrónico – Marca LG. Modelo HV -1000).



Indentación bajo el microscopio de la máquina de microdureza en la muestra.



Máquina de termociclado y su pantalla digital (SIEMENS SIMATIC HMI KTP700 BASIC

PANEL PROFINET, Perú).