



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MICRODUREZA SUPERFICIAL DE RESINAS DE NANOTECNOLOGÍA FOTOCURADAS CON UNIDADES LEDS DE DIFERENTE LONGITUD DE ONDA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN IN VITRO

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis optar el Grado Académico de Doctora en Odontología

Autora

Medina y Mendoza, Julia Elbia

Asesor

Mauricio Valentín, Franco Raúl

ORCID: 0000-0003-3658-0302

Jurado

Sotomayor Mancicidor, Oscar Vicente

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Galarza Valencia, Diego Javier

Lima - Perú

2025

MICRODUREZA SUPERFICIAL DE RESINAS DE NANOTECNOLOGÍA FOTOCURADAS CON UNIDADES LEDS DE DIFERENTE LONGITUD DE ONDA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

6%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

www.revhabanera.sld.cu

Fuente de Internet

2%

4

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.uan.edu.co

Fuente de Internet

1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MICRODUREZA SUPERFICIAL DE RESINAS DE NANOTECNOLOGÍA

FOTOCURADAS CON UNIDADES LEDS DE DIFERENTE LONGITUD DE ONDA

Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN IN VITRO

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis optar el Grado Académico de Doctora en Odontología

Autora

Medina y Mendoza, Julia Elbia

Asesor

Mauricio Valentín, Franco Raúl

ORCID: 0000-0003-3658-0302

Jurado

Sotomayor Mancicidor, Oscar Vicente

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Galarza Valencia, Diego Javier

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

A mi hijo Jorge que es siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, que siempre está a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre ha sido el apoyo de mi vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, te dedico a ti este logro amado hijo, como una meta más conquistada. Orgullosa de tenerte como hijo y que estas a mi lado en este momento tan importante.

AGRADECIMIENTO

Dedicado este trabajo a mi DIOS y a la virgen, que siempre me acompañan en la travesía de mi vida, A mis amados padres, Isaac y Lorenza que se encuentran en cielo, por su apoyo incondicional, su amor y confianza, que me motivaba a crecer y superarme como persona, y por dejarme la mejor herencia del mundo.

Agradecer a las personas que fueron mi soporte para lograr concluir el estudio y poder cumplir con mis objetivos personales y académicos. Gracias al Dr. Juan Arturo Price Rivera, al Dr. Franco Raúl Mauricio Valentín, al Dr. Oscar Vicente Sotomayor Mansicidor, por su apoyo incondicional, por su guía y aporte en el transcurso de la investigación.

Gracias al Dr. Diego Javier Galarza Valencia por su aporte para la finalización de este trabajo.

“Gracias por ser quienes son y por creer en mí”.

“Por último agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título.

ÍNDICE

RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.3.1. Problema general.....	5
1.3.2. Problemas específicos.....	5
1.4. Antecedentes.....	6
1.5. Justificación de la investigación.....	18
1.6. Limitaciones de la investigación	20
1.7. Objetivos.....	21
1.7.1. Objetivo general.....	21
1.7.2. Objetivos específicos.....	22
1.8. Hipótesis.....	23
II. MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Marco conceptual.....	26
2.1.1. Resinas compuestas.....	28
2.1.2. Propiedades mecánicas de las resinas compuestas.....	32
2.1.3. Propiedades mecánicas de las resinas compuestas.....	45
2.1.4. Microdureza de las resinas compuestas.....	47
2.1.5. Unidades de fotopolimerización.....	50
2.1.6. Polimerización.....	58
III. MÉTODO.....	59

3.1.	Tipo de investigación.....	59
3.2.	Población y muestra.....	60
3.3.	Operacionalización de variables.....	62
3.4.	Instrumentos.....	65
3.5.	Procedimientos	66
3.6.	Análisis de datos.....	70
3.7.	Consideraciones éticas.....	70
IV.	RESULTADOS.....	72
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	83
VI.	CONCLUSIONES.....	88
VII.	RECOMENDACIONES.....	90
VIII.	REFERENCIAS	91
IX.	ANEXOS.....	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición.....	73
Tabla 2. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20”- 10”, Soft Start 30”-15”, Low Power 20”-10”	74
Tabla 3. Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos.....	76
Tabla 4. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos.....	77
Tabla 5. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.....	78
Tabla 6. Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20” y 40” segundos) con diferentes tiempos de exposición.....	79
Tabla 7. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada tetric n- ceram fotocuradas con unidades led poliwave N® con programas High Power (10” y 20”) Soft Start (15” y 30”) Low Power (10” y 20”) comparadas con lámparas LED Monowave MN® (20” y	

40”) con diferente tiempo de exposición81

Tabla 8. Microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar

la diferencia estadística High Power (20” - 10”), Soft Start (30”-15”), Low Power (20”-10”) y

Monowave (40” - 20”)82

Tabla 9. Comparación de Microdureza superficial la media de la resina nanohíbridadas Filtek

Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwaveN® con programas high power (10” y

20”), Soft Start (15” y 30”), Low Power (10” y 20”) y unidad Monowave MN® (20” y 40”) y

.....83

Tabla 10. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtek

Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10” y 20”),

Soft Start (15” y 30”), Low Power (10” y 20”) y unidad Monowave MN® (20” y 40”) y

.....84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición.....	74
Figura 2. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20”- 10”, Soft Start 30”-15”, Low Power 20”-10”	75
Figura 3. Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos.....	76
Figura 4. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos.....	78
Figura 5. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.....	79
Figura 6. Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20” y 40” segundos) con diferentes tiempos de exposición.....	80
Figura 7. Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada tetric n- ceram fotocuradas con unidades led poliwave N® con programas High Power (10” y 20”) Soft Start (15” y 30”) Low Power (10” y 20”) comparadas con lámparas LED Monowave MN® (20” y	

40”) con diferente tiempo de exposición81

Figura 8. Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwave N® con programas high power (10” y 20”) Soft Start (15” y 30”) Low Power (10” y 20”) y unidad Monowave MN® (20” y 40”)83

Figura 9. Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10” y 20”), Soft Start (15” y 30”), Low Power (10” y 20”) y unidad Monowave MN® (20” y 40”)85

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la microdureza superficial de las resinas nanotecnología fotocurada con unidades LED con diferente longitud de onda y tiempo de exposición. **Método:** El estudio fue experimental, in vitro, prospectivo y transversal. Se confeccionaron 160 bloques, se fotocuraron con lámparas. Monowave con 20 y 40 segundos, Poliwave con sus programas High power, Soft start, Low power con 10, 15, 10 segundos y 20, 30, 20 segundos. **Resultados:** La resina Tetric NCeram™ fotocuradas con High Power, obtuvo 43.9kgf/mm² (20'') y 42.0kgf/mm² (10''), con Soft star 43.0. kg/f7mm² (30'') y 42.2kgf/mm² (15''), siendo estadísticamente significativa con Low power 37.9 kgf/mm² (20'') y 38.5kgf/mm² (10''). La resina Filtex Universal™ fotocuradas con High power obtuvo 51.4kgf/mm² (20'') y 47.3kgf/mm² (10''), con Soft start 52.6kgf/mm² (30'') y 48.3kgf/mm² (15''), con Low power 46.f/mm² a los 20'' 48.0kgf/mm² (10'') siendo estadísticamente significativa con Low power. Los valores microdureza con lámpara Monowave® la resina. Tetric N ceram™ obtuvo 34.7kgf/mm² (40'') y 34.1kgf/mm² (20''), la resina Filtex universal™ obtuvo 48.7kgf/mm² (40'') y 50.1kgf/mm² (20''), no se encontraron diferencia estadística al aumentar el tiempo de fotocurado P>0.05. **Conclusiones:** Las resina Filtex universal™ tuvo mejor resultados al aumentar el tiempo, de fotocurado con lámparas poliwave. La resina Tetric N ceram™ y Filtex universal™, fotocurada con lamparas Monowave al aumentar el tiempo. No se encontró diferencia estadística.

Palabras claves: microdureza superficial, lámparas LED de diferente longitud de onda, resinas compuestas de nanotecnología

ABSTRACT

Objective: To evaluate the surface microhardness of nanotechnology resins photocured with LED units with different wavelength and exposure time. **Method:** the study was experimental, in vitro, prospective and transversal. 160 blocks were made and cured with lamps. Monowave with 20 and 40 seconds, Poliwave with its High power, Soft start, Low power programs with 10, 15, 10 seconds and 20, 30, 20 seconds. **Results:** The Tetric NCeram™ resin light-cured with High Power, obtained 43.9kgf/mm² (20'') and 42.0kgf/mm² (10''), with soft star 43.0.kgf/f7mm² (30'') and 42.2kgf/mm² (15'') being statistically significant with low power 37.9 kgf/mm² (20'') and 38.5kgf/mm² (10''). The Filtex Universal™ resin light-cured with High power obtained 51.4kgf/mm² (20'') and 47.3kgf/mm² (10''), with soft start 52.6kgf/mm² (30'') and 48.3kgf/mm² (15''), with low power 46.f/mm² at 20'' 48.0kgf/mm² (10'') being statistically significant with low power. Microhardness values with Monowave® resin lamp. Tetric N ceram™ obtained 34.7kgf/mm² (40'') and 34.1kgf/mm² (20'') and the universal filtex resin obtained 48.7kgf/mm² (40'') and 50.1kgf/mm² (20''), no difference was found. Statistics when increasing the photocuring time P>0.05. **Conclusions:** Filtex universal™ resin had better results as the photocuring time with poliwave lamps increased. Tetric N ceram™ and Filtex universal™ resin, light-cured with Monowave lamps as time increases. No statistical difference was found.

Keywords: surface microhardness, LED lamps of different wavelengths, nanotechnology composite resin

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La resina compuesta es uno de los materiales restauradores con mayor demanda y preferencia, por presentar mejores propiedades estéticas, bajo costo y fácil aplicación. Pero de longevidad muy reducida, es un material que se encuentra en constante evolución llegando a producir resinas de nanotecnología, que ofrecen al cirujano dentista una gran variedad a elegir; por lo que una inadecuada elección traerá como consecuencia fracaso clínico.

En estos años los sistemas de nanotecnología han logrado producir resinas compuestas que se singularizan por incluir en su elaboración nanopartículas inorgánicas, logrando disminuir el tamaño hasta conseguir magnitudes nanométricas cercanas de 25 nm a 75 nm. (Razona, 2017).

Las resinas compuestas son endurecidas por un proceso de fotopolimerización por adición, para este propósito es muy importante la presencia de fotoiniciador y de la unidad de fotocurado la que va a transformar la energía lumínica en energía química dando lugar a la formación de polímeros con radicales libres.

La foto iniciador más común de las resinas es la canforoquinona que tiene un color amarillento, necesita un coincidir que es la amina terciaria para activarse con una longitud de onda entre 360 a 520 nm. Las diferentes unidades de curado tienen un espectro de radiación que cubre la longitud de onda de la canforoquinona. Existen otros fotoiniciadores alternativos como el LucerinTpo, Ivocerin, Fenilpropandiona, que se debe tener en cuenta que estos fotoiniciadores reaccionan en una longitud de onda menor a la canforoquinona. Por lo que nos deja una duda si las unidades de fotocurado activan completamente al fotoiniciador (Mallat, 2005).

Una de las maneras de verificar el éxito de la polimerización es por medio de pruebas mecánicas, una de ellas es la microdureza superficial, relacionándose con el estrés y el módulo de elasticidad” (Anusavice et al., 2013).

Según Silva et al. (2011), para conseguir un alto nivel de polimerización depende de la unidad de fotocurado, que va a dar un material restaurativo con superiores características mecánicas.

En cuanto al tiempo de exposición de polimerización. En el estudio realizado por De-Cássia (2020), sugieren que extender la duración de la fotopolimerización aumenta la profundidad de curado, lo que nos conlleva a tener mejores propiedades mecánicas.

En la actualidad existen unidades de fotocurado de diferentes longitud de onda, tipo LED Polywave N, que tiene una azul (440-460 nm) y otra violeta (400-410 nm) y con diferentes programaciones: High Power de elevada intensidad lumínica, Low Power que tiene limitada intensidad lumínica con reducido aumento térmico, Soft Start con crecimiento progresivo de la intensidad lumínica con limitada tensión de polimerización y corto desarrollo térmico y la LED Monowave (420-495 nm) que tiene un pico de emisión (Ivoclar Vivadent, 2008).

El uso de estas nuevas unidades de alta tecnología de fotocurado es con la finalidad de obtener una óptima polimerización y de esta manera mejorar las propiedades mecánicas de las resinas compuestas de nanotecnología y así obtener una mayor longevidad en los tratamientos restaurativos de los pacientes.

Por lo expuesto es que se formula el siguiente problema:

¿Qué diferencias existirán entre la microdureza superficial que presentan las resinas de nanotecnología fotocuradas con unidades LED (Polywave bluephase N®) en comparación con las unidades LED Monowave (bluephase M®) con diferentes tiempos de exposición?

1.2. Descripción del Problema

Las resinas compuesto son material de tecnología nano que han conseguido disminuir el volumen de las partículas de relleno inorgánico hasta obtener magnitudes nanométricas. Ofrecen alta translucidez pulido superior, se aplica en el sector anterior y posterior (Jain & Pershing, 2003).

En su composición estos materiales tienen como fotoiniciador a la canforoquinona, que se activa en una longitud de onda entre 360 a 520 nm, pero existen otros fotoiniciadores alternativos como Fenilpropandiona su longitud de onda UV (400-410 nm), el Lucerin TPO, Ivocerin APO; alcanzado gran demanda porque se blanquean completamente cuando a terminado la polimerización, su longitud de onda es de 430 a 480 nm, (Salgado et al., 2015). Los fotoiniciadores alternativos reaccionan en una longitud de onda menor a la canforoquinona. (Mallat, 2005).

Según Silva et al. (2011), para conseguir “Un alto nivel de polimerización depende de la unidad de fotocuración, va dar un material restaurativo con superiores características mecánicas.” Así mismo Militec et al. (2017), reportó que existe “una relación lineal positiva entre el grado de conversión y la microdureza”

En el último año Sweting et al. (2020), concluye que existe “una relación entre los grados de conversión y la microdureza de las resinas compuestas.” Mientras que Salgado et al. (2015), manifiesta que. “las propiedades mecánicas no solo se correlacionan con el grado de conversión sino estos dependen principalmente de la formulación del material y de la educación e instructivo que se da al paciente.”

En cuanto al tiempo de exposición De Cássia et al. (2020), sugieren que extender la duración de la fotopolimerización aumenta la profundidad de curado. Ruan et al. (2009), “indican que a mayor tiempo de exposición mejoran sus propiedades mecánicas.” Mientras que

Ulhoa et al. (2007), Concluye que con “diferentes tiempos de exposición no existe correlación con las propiedades mecánicas”.

Una de las maneras de verificar el éxito de la polimerización es por medio de pruebas mecánica, como microdureza superficial, que se define como la “resistencia de un material a ser rayado relacionándose con el estrés y el módulo de elasticidad” (Anusavice et al., 2013; McCabe & Kagi, 1991)

En el mercado existen unidades de fotocurado de diferente longitud de onda, tipo LED Polywave (Bluephase N®) de luz azul con diferentes programas High Power, Low Power, Soft Start y la LED Monowave (BluephaseMNC®) que tiene un solo pico de emisión. El uso de estas unidades de fotocurado es con la finalidad de obtener una óptima polimerización. (Ivoclar Vivadent, 2008).

Motivo por el cual se analizará la microdureza superficial in vitro de las resinas de nanotecnología, que es una de las propiedades mecánica más indicada para evaluar el grado de polimerización, el buen funcionamiento de la unidad de fotocurado, con diferentes tiempo de exposición en segundos, y observar si es que existe diferencia significativa entre ellas, se utilizó unidades de fotocurado de diferentes longitud de onda LED Polywave, (Bluephase N®) con sus diferentes programas como High Power con intensidad de luz de 1200 mW/cm² , Polywave, Soft start con intensidad de luz de 650 mW/cm² a 1200 mW/cm², Polywave Low power con intensidad de luz de 650 mW/cm². Polywave luz azul (440-460nm) y otra violeta (400-410 nm) y LED Monowave (BluephaseMNC®) que poseen diodos emisores solo el rango de la luz azul (420-495 nm).

La unidad de análisis fueron las resinas de nanotecnología cuyo iniciador es la canforoquinona que se va a fotopolimerizar a una longitud de onda (390-500 nm) y el Ivocerin en una longitud de onda (370 nm-460 nm) que logra excelente conversión de los monómeros en profundidad cuando se exponen a la luz de una unidad de fotocura la polimerización potente

esto se debe porque contiene combinación de iniciadores, su polimerización rápida es de 10 segundos (Mahn, 2014).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Qué diferencias existen entre la microdureza superficial de las resinas de nanotecnología (nanopartícula y nano híbrida) fotocuradas con unidades LED Polywave (Bluephase N®) en comparación con las lámparas LED Monowave (BluephaseM®), con diferente tiempo de exposición?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanoparticuladas Tetric N-Ceram™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición?

- ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"- 10", Soft Start 30"-15", Low Power 20"-10"?

- ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos?

- ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos?

- ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanoparticulas Tetric N-Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición?
- ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición?
- ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanoparticulas Tetric N-Ceram™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, con los programas high power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) y monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición?
- ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística High Power, (20''-10''), Soft Start (30''-15''), Low Power (20''-10''), y unidad Monowave (40'' - 20'')?
- ¿Cuál será la microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave N® con programas high power (10'' y 20'') Soft Start (15'' y 30''), Low Power (10'' y 20'') y unidad Monowave (20'' y 40'')?
- ¿Cuál será la diferencia de los promedios en la microdureza superficial de la resina Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10'' y 20''), Soft Start (15'' y 30''), Low Power (10'' y 20'') y unidad Monowave (20'' y 40'')?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes internacionales

Aung et al. (2020) en Tokio, evaluó in vitro la influencia de diferentes lámparas de fotopolimerización y cómo influye el grado de conversión sobre la microdureza Vickers de los compuestos resinoso-fluidos. Se emplearon tres LCU (Optilux 501, Elipar™ DeepCore-L LED y Bluephase®) ocho resinas compuestas fluidas: MI FIL Flow, Estelite Flow Quick,

Estelite Universal Flow (medio), Estelite Universal Flow (super bajo), Beautifil Flow Plus, Se probaron Clearfil Majesty ES Flow, Filtek Supreme Ultrafluido y Tetric Evo Flow. Para la prueba de microdureza Vickers (VHN) y grado de conversión (DC), las muestras se prepararon y se polimerizaron durante 20 segundos. La prueba de VHN se realizó en las superficies superiores (3 hendiduras) y la CC de cada muestra se midió usando espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) después de 24 h de almacenamiento en seco en la oscuridad a 37 ° C. La información obtenida se examinó con ANOVA de 2 vías y prueba t con corrección de Bonferroni. Los valores de DC y dureza mostraron una relación entre materiales y LCU. La eficacia de curado del tipo LCU puede depender de la composición del material.

Soto-Montero et al. (2020) en Costa Rica, su estudio analiza el efecto del tipo de guía de la unidad de fotopolimerización (LCU) (regular u homogeneizadora) sobre la microdureza superior e inferior de los composites basados en resina (RBC) convencionales. Se utilizó una LCU de diodo emisor de luz (LED) de onda polivalente (Bluephase Style, Ivoclar Vivadent AG) con dos guías de luz diferentes: una punta regular (RT, emitancia de 935 mW / cm²) y una punta de homogeneizador (HT, 851 mW / cm²). (Emitancia). Dos resinas tradicionales (Herculite Ultra [HER], Kerr Corp), (Tetric EvoCeram [TEC], Ivoclar Vivadent AG) y dos resinas de llenado masivo (SonicFill [SOF], Kerr Corp), (Tetric EvoCeram Bulk Fill [TBF], Ivoclar Vivadent AG). Se prepararon muestras en forma de disco (10 mm Ø), de 2 mm de espesor para resinas convencionales y de 4 mm de espesor para resinas de relleno masivo. Las muestras se fotopolimerizaran según los tiempos recomendados por el fabricante. Los valores de microdureza Knoop (KHN) se obtuvieron en la superficie superior e inferior de cada muestra en ubicaciones correlacionadas con la salida de los tres chips LED que emiten luz azul (456 nm) o violeta (409 nm). También se realizó un análisis del perfil del haz utilizando ambas guías de luz. La microdureza de cada compuesto se analizó utilizando un análisis de varianza de tres vías y la prueba post hoc de diferencia honestamente significativa de Tukey ($\alpha = 0,05$). Las

imágenes del perfil del haz mostraron una mejor distribución de la luz a través de la superficie de la guía de luz HT (intensidad de luz). El uso de HT disminuyó el KHN (microdureza de Knoop) de HER (Herculite Ultra) en las ubicaciones de los chips LED azules en la parte inferior de la muestra, pero no tuvo ningún efecto en la superficie superior. Para TEC, (Tetric Evo Ceram) el uso de HT aumentó el KHN de las tres ubicaciones de LED en la superficie superior. El uso de HT aumentó el KHN de SOF (Sonic Fill) en las ubicaciones correspondientes a uno de los chips LED azul y violeta en la superficie inferior. Para TBF (Bulk Fill, HT aumentó KHN en todas las ubicaciones de la superficie superior. Mostraron un KHN medio más alto en la parte superior en comparación con las superficies inferiores. En general, todos los composites presentaron un KHN más alto en las áreas de LED azules independientemente de la superficie o la punta utilizada. Los resultados sugieren que la guía de luz del homogeneizador dio como consecuencia un incremento significativo de la microdureza en la parte superior, en resinas compuestas que contienen fotoiniciadores optativos; sin embargo, ese resultado no se observó en las superficies inferiores

De Cássia et al. (2020) en Cánada, este estudio in vitro evaluó el efecto de extender la duración de la exposición a la luz de curado sobre la profundidad de curado de dos compuestos de resina convencionales (RBC1-convencional y RBC2-convencional) y dos compuestos de resina de relleno masivo (RBC1-masivo y RBC2-masivo). Se utilizaron unidades de fotocurado de onda polivalente y de pico único. Las muestras en forma de cilindro se expusieron a la luz de curado durante el período de tiempo aconsejado por el fabricante o el doble de ese tiempo, y la profundidad de curado se estimó mediante raspado manual (similar a la norma ISO - 4049) y técnicas de inmersión en disolvente. Se analizó la profundidad de curación, mediante ANOVA de dos vías, para el método de medición de factores y el tiempo de exposición. Para RBC1-convencional y RBC1-a granel, la técnica de inmersión en solvente estimó una mayor profundidad de curado que el raspado manual; para RBC1-convencional, ambas técnicas y

ambos períodos de tiempo de exposición a la luz dieron como resultado una profundidad de curado de > 2 mm; y para RBC1-bulk, solo el método solvente después de fotocurado durante el doble del tiempo recomendado por el fabricante, resultó en una profundidad de curado de 5 mm. Para RBC2-convencional y RBC2-bulk, ni la técnica ni el tiempo de exposición dieron como resultado profundidades de curado estimadas que coincidieran con las indicadas por el fabricante. Los resultados sugieren que extender la duración de la fotopolimerización aumenta la profundidad de curado. Además, el cálculo de la profundidad de curado puede variar según la técnica de medición utilizada.

Par et al. (2019) realizaron estudio in vitro el efecto de la fotopolimerización rápida de alta intensidad de luz sobre las características mecánicas de los materiales compuestos de resinas convencionales y de relleno masivo. La foto polimerización rápida de alta densidad de luz de los materiales compuestos de resina dental es atrayente desde el punto de vista clínico debido a la disminución de tiempo laboral. En esta investigación comparó el efecto de la foto polimerización de alta potencia de luz (3440 mw/cm^2) y la foto polimerización convencional con una potencia de luz (1340 mw/cm^2) sobre la propiedad mecánica de los compuestos de resina convencionales y de relleno, dos compuestos específicamente confeccionados para el curado de alta densidad.

Identificar la transmitancia de la iluminación de acuerdo a la longitud de onda, de ocho materiales compuestos y comparar la transmitancia de la luz azul emitida a partir de dos unidades de fotocurado con diferentes espectros de emisión. Materiales y métodos. Se confeccionaron bloques de resina compuestas de 2 de altura y 4 mm de diámetro, se registró en tiempo de 30 segundos de fotocurado utilizando una lámpara LED de amplio espectro (picos a 405 y 450 nm) y de espectro estrecho (pico a 441 nm). La resolución espectral de 0,25 nm y la resolución temporal de 0,05s tuvieron como resultado una gran cuantía de datos de transmitancia de luz, que se promediaron sobre rangos espectrales particulares, en el período

de medición. El estudio estadístico se realizó mediante ANOVA de Welch con la prueba post hoc de Games-Howell, la prueba t y el análisis de correlación de Pearson. El grado de significancia fue de 0.05 y se prepararon 5 bloques por grupo experimental. Los resultados de la transmitancia de luz variaron de acuerdo a la longitud de onda y el tiempo, mostrando patrones significativamente diferentes entre los materiales probados. La fotoactivación de las resinas compuestas que tiene como iniciador a la canforquinona, se identificó una mayor viabilidad en la transmitancia de luz entre los materiales compuestos que van desde valores estadísticamente similares para ambos picos hasta una transmitancia cuatro veces mayor para el pico a 450 nm. La conclusión de cada material de resina compuesta mostró un patrón único de transmitancia de luz dependiente de la longitud de onda, lo que llevó a diferencias altamente dependientes del material resina compuesta en la transmitancia de luz azul entre dos unidades de fotocurado.

Gan et al. (2018) en Singapur, evaluaron in vitro la efectividad del curado en las resinas compuestas la resina Bulk Fill utilizando lámpara polywave (LED) con varios modos de fotocuración. Monowave LED, luces de halógena y de fotocurado convencional los materiales resinosos a evaluar fueron la Tetric N-Ceram, Bulk Fill (TNC), que contiene (Ivocerin) y Smart Dentin Replacement (SDR), utilizaron lámparas de diodos con emisores de luz de onda. Polywave (LED); con varios modos de fotocurados), Monowave LED (onda única) y luz halógena de fotocuración convencional. Los materiales compuestos resinoso se colocaron en moldes de polivinilo negra con hueco cilíndricos de 4 mm de altura y 3 mm de diámetros y foto polimerizados de la forma siguiente: Bluephase N Polywave High (NH), 1200 mW / cm² (10 segundos); Bluephase N Polywave Low (NL), 650 mW / cm² (18,5 segundos); Arranque suave Bluephase N Polywave (NS), 0-650 mW / cm² (5 segundos) → 1200 mW / cm² (10 segundos); Bluephase N Monowave (NM), 800 mW / cm² (15 segundos); QHL75 (QH), 550 mW / cm² (21,8 segundos). La producción total de energía se fijó en 12.000 mJ /

cm² para todas las luces / modos, a excepción de NS. Los bloques curados fueron 6 para cada grupo se almacenaron en un recipiente a prueba de luz a 37 ° C durante 24 horas, y se determinó la dureza superior e inferior usando un indentador para microdureza con la prueba Knoop las informaciones de dureza y la relación de dureza de abajo hacia arriba se evaluaron con análisis estadístico unidireccional de test post hoc de varianza de Scheffer a un nivel de significativa en las proporciones de microdureza entre fotocurado luces / modos para Bulk Fill (TNC), la relación de microdureza obtenida con nm fue significativamente mayor que la relación de dureza obtenida para Tetric N-Ceram (NL) para Dentin Replacement (SDR).

Giacomo et al. (2018) en Italia, evaluaron in vitro consecuencia de usar Polywave o Monowave unidad LED para el fotocurado diferentes rellenos de resina. El objetivo de esta investigación fue examinar Las variaciones de la dureza y módulo de elasticidad observado DC, así como la rugosidad de la superficie después del pulido estándar. Se compararon varias resinas compuestas de relleno mayor en términos de DC obtenidos, se usaron diferentes lámparas LED Mowave y unidades lámparas LED Polywave de diferente longitud de onda. Las muestras fueron nueve de resinas compuestas, todas A3, los material investigadas fueron Filtek Bulk Fill (3M Espe), su fotoiniciador Canforquinona; Surefil SDR (Dentsply), su foto iniciador Canforquinona con etil 4 Tetric Evo Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), teniendo como fotoiniciador a la Canforquinona más óxido de acil fosfina, la pasta fue depositado en un molde de acero inoxidable de 7mm de diámetros y 3 mm altura, se usó una tira de Mylar se colocó en la parte superior del material, posteriormente se presionó en su posición, el exceso del material se retiró y se irradió el molde desde el lado superior se aplicó la luz de las unidades de fotocurado seleccionado a través de tira de Mylar por 20 segundos para material compuesto. Los grupos fueron asignados al fotocurado por diferentes lámparas LED, uno Monowave llamada Mono (estilo BluephaseM, Ivoclar Vivadent) su longitud de onda 470 nm y dos polywave llamados poly 1 (estilo Bluephase, Ivoclar Vivadent) su longitud de onda 470 a 410

nm y poly2, (Valo, Ultradent, South Jordan UT, EE. UU). Su longitud de onda es de 470 a 410nm. Todas las muestras se almacenaron a 37°C en agua durante 24 horas antes de la prueba. Luego se midieron por un penetrador (UNHT-CSM, Anton Para, Graz, Austria). Las muestras se ensayaron con una punta Berkovich estándar con una carga máxima de 2 mN, con tasa de carga y descarga de 4 Mn/min y una pausa de 30 segundos para cada muestra se hicieron cuatro mediciones. El módulo de elasticidad y dureza se calcula al inicio de las curvas de indentación por las normas estándar de Oliver y Pharr- los resultados obtenidos de las resinas compuestas fotocuradas con lámparas LED Polywave mostraron estadísticamente superior en comparación con las muestras fotocuradas con lámparas LED Monwave ($P < 0,05$). Se concluye que las tres lámparas. investigadas garantizan un $DC \geq 50\%$ de todos los materiales ensayados, la alta DC no significa necesariamente una alta rigidez, sino que esto se debe principalmente de formulación del material (carga de relleno y posiblemente al tamaño de la carga). Las propiedades mecánicas no se correlacionaron con DC solo. Para mejorar la calidad de las restauraciones dentales compuestas no solo depende del sistema iniciador del fotocurado sino de la educación e instructivos que se debe dar al paciente.

Naranjo-Pizango et al. (2017) en Bogotá, su trabajo in vitro era generar evidencia científica para lograr resultados clínicos con mayor longevidad y que los cirujanos dentistas decidan elegir la unidad fotocurado indicada para la fotopolimerización. Las resinas elegidas deben ser apropiadas para los dientes de acuerdo a su función que cumplen en la cavidad bucal, y la técnica necesaria para brindar un mejor resultado clínico. Se realizaron 10 especímenes en 24 grupos, que evaluaron con tres marcas diferentes de lámparas: (Optilux® 501 - halógena a plena potencia), (Optilux® 501 - rampa halógena) y (Bluephase® - LED), con 4 diferentes resinas: Filtek® Supreme XT, Filtek® Z350, Tetric® N Ceram y Esthet®X, y 2 técnicas de colocación: incremento y bloque. Se analizó la dureza Vickers por la muesca en la superficie y profundidad de cada espécimen. Los valores que se obtuvo se evaluaron tanto bi como

multivariante. Consecuencia para la resina Filtek® Supreme XT mostró el mayor incremento en la dureza, seguido por Filtek® Z350, Tetric® N Ceram y Esthet® X. La dureza dependía de la unidad de fotocurado; los resultados fueron superiores con Optilux® 501 con rampa, seguido de Optilux® 501 a plena intensidad y finalmente LED Bluephase®. Se obtuvieron óptimos resultados empleando los procedimientos de colocación incremental en comparación con el de bloque, estos fueron más elevados en la región superficial que en la región profunda. En conclusión, se observó la diferencia de microdureza de resinas convencionales al polimerizarse con diferentes tipos de luz. La mayor dureza se obtuvo con la resina Filtek® Supreme XT, utilizando la unidad de fotocurado Optilux® 501 con rampa y posicionada con un procedimiento incremental.

Militec et al. (2017) en Bélgica, el estudio in vitro se realizó en la universidad de Lovania, el objetivo fue determinar la correlación con el grado de conversión (DC) con la dureza Vickers (VH) y el parámetro de translucidez (TP) con la profundidad de curado (DoC) de cinco resinas compuestas. Se prepararon seis bloques por grupo de cada resina Bulk Fill. Los grupos estaban conformados en bloques de Tetric Evo Ceram Bulk Fill (“TEC Bulk”, Ivoclar Vivident), SonicFill (Kerr), SDR Smart Dent Replacement (SDR, Dentsply, Xenius Base) (Xenius, Stick Tech; comercializado como Ever X Posterior, GC), Filtek Bulk Fill Fluida (Filtek Bulk, 3M ESPE), y Tetric EvoCeram (TEC, control). Los bloques se prepararon de esta manera: Para DC y VH: dos capas de 2 mm de espesor, cada una fueron fotopolimerizada durante 10 segundos; una capa de 4-mm Bulk Fill fotocurada por 10 o 20 segundos; y uno de 6 mm Bulk Fill, prueba de fotopolimerizada durante 20 segundos. DC la medida se realizó por medio de la Espectrometría de infrarrojos por transformada de Fourier (Espectroscopia de FTIR) VH empleando un medidor de dureza Vickers DoC y TP, se midieron utilizando una prueba de acetona – agitación y un espectrofotómetro, respectivamente. Los datos se analizaron usando ANOVA y coeficiente de correlación de Pearson ($\alpha = 0,05$). Los valores obtenidos para

DC y VH oscilaron entre 40-70% y 30 -80 VHN, respectivamente la resina Bulk TEC, Xenius, y SonicFill con muestras de 4mm de espesor, mostradas que van de la superficie inferior a la superficie fotocurado. Se halló una relación lineal positiva entre DC y VH para superficie inferior de los bloques. Se concluyó en que las resinas compuestas Bulk Fill Fluidas utilizando una alta intensidad de unidad LED.

Rocha et al. (2016) en Brasil, analizaron in vitro el perfil del haz y la salida espectral de lámparas de diodos (LED) Monowave y los diodos emisores de luz (LEDs) Polywave y su ascendencia en grado de conversión (DC) en los composites Bulk Fill. Una lámpara LED Monowave (Smartlie Focus, Dentsply) y una lámpara LED Polywave (Valo inalámbricos, Ultradent) se caracterizaron por usar un calibrador de resina y un analizador de perfil del haz láser. Dos resinas Bulk Fill, Sonic Fill 2 (SF) que tiene canforoquinona (QC) y Tetric Evo Ceram Bulk Fill (TEB) que tiene CQ asociados con fotoiniciadores alternativos, se instalaron en bloques de delineación personalizado (n=3) y fotocurado con lámparas Monowave y Polywave LED con 20 j/cm². Para asignar las sesiones, DC transversales longitudinales (0,5m m de espesor) del centro de la restauración se analizó empleando microscopía FT-NIR. La transmisión de luz de SF y TEB a través de bloques (n=3) de 4mm de grosor, que se analizaron el proceso de fotocurado. Los datos se evaluaron usando el análisis de parcelas divididas de la varianza y la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$; $b=0,2$). En el resultado no hubo diferencias en los perfiles de fotocurado producido por la lámpara LED Monowave o LED Polywave ($p=0,9$). La Monowave y LED Polywave arrojan haces de luz no homogénea, sin alterar a la homogeneidad de DC materiales compuestos de mayor llenado. Para materiales compuestos que tienen CQ asociados con fotoiniciadores alternativos, las lámparas LDEs Polywave tenían un DC mayor, únicamente en la superficie del material restaurador, en las zonas más profundas en inferiores los fotoiniciadores de absorción de longitud de onda fueron ineficientes.

Nevárez (2010) en Colombia, el objetivo es evaluar in vitro la microdureza de la superficie profunda de una resina compuesta, usando dos técnicas convencionales de fotocurados y un láser Innova 300 para este experimento se adaptó una longitud de onda 488 nm. Para investigación se utilizó la resina compuesta Filtek Z250. Se prepararon 12 bloques en 2 diferentes espesores de acuerdo a las normas ISO 4049:2000, 7 mm de diámetro y altura 2.5mm y 3.5mm. La exposición de luz para el fotopolimerizado fue de 40 segundos. Las lámparas de fotocurado que utilizaron fueron 3 diferentes fuentes de luz lámpara halógena, LED Y una luz láser, fueron almacenados por 60 días, se efectuaron el análisis de durometria a cada bloque recibiendo una carga de un kg/15 segundos, se usó un indentador Knoop con punta de diamante romboidal; las lecturas obtenidas se registraron en unidades Knoop. El análisis de microdureza Knoop se hizo midiendo y observando la longitud de la muesca que señaló el indentador de diamante de forma romboidal en la superficie profunda de la resina compuesta. La prueba de ANOVA se observó diferencia significativa entre las unidades de fotocurado (halógena 440 mw/cm²>LED 810Mw/cm²>Láser 174 mW/cm² P=0.016). LED demostró mayor densidad de potencia, no pudo superar la microdureza inducida por la luz incandescente. Se concluyó que la unidad de fotocurado halógeno de 440 mW/cm² de potencia dio como resultado el incremento de la microdureza en las resinas compuestas, mostrando también temperaturas superiores al sensor durante el fotocurado, con relación a las otras dos técnicas utilizadas.

Ruan et al. (2009) en Colombia, evaluaron in vitro la microdureza de la superficie y la profunda de dos resinas compuestas fotocuradas, utilizando lámparas de polimerización con lámparas de diodos (LED) y una lámpara incandescente (halógena) con diferente tiempo de polimerización de 20, 40, 60 segundos. Se confeccionaron 5 muestras de 5 mm de diámetros y 2mm de grosor por grupo a investigar fueron fotoactivadas en exposiciones diferentes; se utilizó la prueba Vicker para la medición con microdureza, se colocó una carga de 50 gr. Los resultados mostraron según el análisis estadístico de ANOVA y test de TUKEY que no hay

diferencia significativa entre sus resultados. Concluye que ambas lámparas de luz halógena y LED fueron eficaces en un tiempo de exposición de 40 segundos o mayor a ellos.

Ulhoa et al. (2007) en Brasil, evaluaron in vitro la influencia del tiempo de polimerización sobre la microdureza de las resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas LED y lámpara de luz halógenas. Con tiempo de exposición de 10,20 y 40 segundos, se usó para esta prueba el método de disco rectificado para odontología con valores que corresponde a la microdureza; se utilizaron dos marcas de resina. Las resinas compuestas fueron Tetric Ceram, Charisma. Se evaluaron la microdureza, del material su diversidad y característica implicó en los resultados con valores de desviación relativamente elevada, por lo que no se pudo encontrar diferencia estadística entre los especímenes evaluados. En los análisis estadísticos de las pruebas basados en el método donde discos rectificados la resina que presentó mayor desgaste en los ensayos, fue la Tetric Ceram, fotocuradas con la lámpara LED por 10 segundos; su valor medio obtenido fue 0,170 mm³/N.m. La resina que tuvo menor desgaste fue la Charisma, polimerizada por lámpara halógena por un tiempo de 20 segundos, su medida de los valores fue 0,057mm/N.m. Estadísticamente. Se concluye que no hay correlación entre las propiedades.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Gutiérrez et al. (2020) en Perú, se realizó la comparación de la profundidad de tres resinas compuestas Bulk Fill utilizando dos unidades de foto activación LED (polywave y monowave) método usaron las resinas compuesta bulk fill: Filtec One Bulk Fill Restaurative (FO) (3M ESPE), Tetric N Ceram Bulk Fill (TNC) (Ivoclar de Vivadent) y el Opus Bulk Fill APS (OP) (FGM), se confeccionaron 5 muestras de forma cilíndrica sus medidas, 4 mm de diámetros y 10 mm de longitud, para su análisis de la profundidad de la polimerización se siguió la norma ISO 4049. Se utilizaron dos unidades de fotoactivación LED de diferentes tecnologías: Bluephase N (Tecnología polywave- Ivoclar vivadent) y LED (Tecnología

monowave-woodpecker) con densidad de energía 24 J/cm^2 . Los datos fueron analizados por medio de análisis de varianza de dos factores y la prueba post hoc de Tukey. Todas las resinas compuestas bulk fill evaluadas ($p < 0'005$). Los valores obtenidos con la bluephase N fueron: $3,878 \text{ (TNC)} > 3,74 \text{ (FO)} > 3,31 \text{ (OP)}$ y con LED D fueron: $4,29 \text{ (TNC)} > 4,11 \text{ (FO)} > 3,92 \text{ (OP)}$. Conclusión. La unidad de fotoactivación LED de tecnología monowave produjo mayor profundidad de polimerización que la de tecnología poliwave, independientemente de la resina compuesta bulk fill utilizada. Las resinas compuestas tuvieron diferentes valores de profundidad de polimerización.

Gutarra (2018) en Perú, evaluaron in vitro la microdureza superficial de la resina Bulk Fill y Filtek Z350 en el momento de pulido. La muestra se confeccionó 20 bloques de resina, según el ISO 4049, se dividió en dos grupos de 10 bloques para la resina Filtek Z350, y 10 bloques para la resina Bulk Fill 3M ESPE. Un primer grupo Filtek Z350, después de ser polimerizado la mitad fueron enseguida pulidas y la otra mitad a las 24 horas, el segundo grupo Bulk Fill después de ser polimerizada la mitad fueron pulidas enseguida y la otra mitad se pulió a las 24 horas. Para determinar la microdureza Vicker se colocó una carga de 600 gr, los resultados fueron examinados en una prueba T-student. Los que obtuvieron mayor microdureza superficial fueron los bloques que se pulieron a las 24 horas (147.7 ± 19.88) con respecto a las que se pulieron al instante (121.3 ± 20.01) siendo estadísticamente significativo ($p=0.0084$), se determinó que las resinas fotopolimerizada y pulidas después de las 24 horas presentan mayores valores de microdureza superficial. Se concluyó que las resinas nanohíbridas mostraron mayores valores de dureza superficial respecto a las resinas nanorelleno independientemente del momento del pulido. Mayores fueron después de 24 horas.

Málaga (2016) en Perú, evaluaron in vitro la microdureza superficial de un material resinoso de nanopartículas con técnicas complementarias de fotopolimerización. Fundamentados en la base de longitud de onda y potencialidad de luz que utilizan las resinas

para su conversión de monómero a polímero. En este análisis experimental usaron 90 especímenes de composite de nanopartículas, cuyas dimensiones eran de 10 mm de diámetro y 2 mm de grosor, los especímenes se separaron en tres clases según la exposición de luz que recibió: primer grupo recibió sistema de luz baja (Soft start), o sistema de Low Light, el segundo grupo sistema de luz intermitente (blinkig light), el tercer grupo sistema de luz intensa (bright light), luego los especímenes se analizaron en un indentador de Zwick / ROELL Indentec ZHV de última generación con un aumento (ojo) de 20X para observar mejor la muesca donde una carga de 500 g. En él se aplicará una superficie para definir la microdureza.

Los valores mostrados según el ANOVA. El ensayo mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las clases ($p < 0,05$); por lo que se examinó con una comparación múltiple probar si las tres clases eran diferentes o si hay uno que difiera de los demás; encontrando que existe diferencia estadísticamente significativa en los resultados de microdureza en el sistema Soft start con respecto a otros sistemas. Conclusión. El composite de nanopartículas expuestas al sistema de estrella blanda, tienen una mayor microdureza, en comparación con las expuestas a otro sistema; por lo que se recomienda el uso de este sistema en la polimerización de los materiales resinosos en cada incremento tanto en las piezas dentarias anterior como en posterior; para producir una mayor conversión de monómero en polímero y de esta forma disminuir el envejecimiento.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. El estudio tiene conveniencia

En este estudio se buscó mejorar la microdureza superficial de las resinas compuestas de nanotecnología, que es una de las propiedades mecánicas que nos conlleva a que la restauración tenga mayor longevidad. Es por esta razón que se comparara dos unidades de fotocurado; luz LED Polywave, (Bluephase N®), con sus programas High Power, Low Power,

Soft Start y LED Monowave (Bluephase NMC®) con diferente tiempo de fotocurado en segundos si es que existe diferencia significativa.

Los resultados conseguidos de este trabajo de microdureza superficial de las resinas compuesta nanotecnología permitieran aumentar la evidencia científica y corroborar con los resultados si la unidad de fotocurado LED polywave (Bluephase N®), y LED monowave (Bluephase NMC®) cumplen o no con las expectativas en la fotoactivación del iniciador canforoquinona y otro iniciador como el Ivocerin. Los resultados obtenidos se informarán a la comunidad odontológica que la unidad de fotocurado cumple o no con su objetivo.

1.5.2. Presente estudio tiene relevancia social

Las restauraciones con resinas compuestas de nanotecnología fotopolimerizadas con unidades de diferente longitud (polywave N®) o con una sola longitud (monowave NM®) serán más confiables en sus propiedades mecánicas, estética, y costo – beneficio. En actualidad no se tiene muchos conocimientos e informaciones de estas unidades de fotocurado, ante la existencia de variedad de estos productos, por eso es importante que se realicen estudios y observar cuál de ellas tendrán mejor desempeño.

1.5.3. El presente estudio tiene relevancia práctica

El fotopolimerizado de la superficie funcional es importante para el mantenimiento de la integridad que permitirá conservar la armonía oclusal y la estética. La unidad de foto curado Polywave N® con diferente programación y longitud de onda podría ser una alternativa para un mejor fotocurado de las resinas compuestas. La superficie funcional de las restauraciones es más proclive al deterioro porque soporta el impacto frecuente de las superficies antagonistas durante el movimiento masticatorio, la acción abrasiva causada por el bolo alimenticio, la acción de los ácidos liberados por la placa, la humedad y otros. Una de las mejores formas de conocer el comportamiento de la superficie es a través de sus propiedades mecánicas y físicas, las más representativa es la microdureza superficial y la resistencia compresiva. De esta forma

protegerían las necesidades estéticas, de tal manera que las restauraciones de resina compuestas sean más confiables (Anusavice & Phillips, 2004).

1.5.4. El presente estudio tiene un valor teórico

El presente estudio de investigación. El objetivo es realizar un análisis, determinando la microdureza superficial de dos clases de resina de nanotecnología fotocurada con unidades con LED de diferente longitud de onda Polywave (Bluephase N®) y Monowave (Bluephase NM®) mediante una investigación experimental in vitro.

El resultado de este estudio de investigación permitirá aumentar la evidencia de la microdureza superficial, su relación directa con la polimerización, el tiempo de exposición y las unidades de fotocuración, y observar cuál de ellas permitirá una adecuada polimerización. Así obtener que las restauraciones de los pacientes sean más resistentes al envejecimiento, lo cual conlleva a disminuir los tratamientos de remplazo de estas restauraciones.

1.5.5. El presente estudio tiene viabilidad o factibilidad

Los materiales que se usaron se encuentran disponibles en el mercado odontológico, como las resinas de nanotecnología, las unidades LEDS Polywave N® y Monowave NM® el instrumento que es el durómetro, los bloques para la investigación lo confeccionas el investigador para así disminuir los errores, se solicitara a un ingeniero de facultad de mecánica para realizar la prueba Vicker. La disponibilidad de tiempo depende de la aceptación del proyecto y poder llevar a cabo la ejecución del trabajo de investigación.

1.5.6. Aspecto ético de la investigación

El estudio que se realizó no trajo consecuencia en el humano ni el medio ambiente. Los insumos que se utilizó, como las unidades de fotocurado, resinas nanotecnología se usan como tratamientos restauradores de las piezas dentarias en los humanos.

1.6. Limitaciones de la investigación

1.6.1. Limitaciones metodológicas

Es un estudio experimental in vitro verdadero porque tuvo un grupo control, se confeccionaron un total de 200 bloques, cada grupo fueron de 08 unidades, se enumeró para reconocer al grupo que pertenece, los bloques tuvieron una altura 2 mm y 8 de diámetro interno, según ISO 4049-2019 Dentistry- PolymMaterialer-based Restorative, ISO 6507-1-2018 Metallic Materials – Vickers hardness test part 1 test method Cláusula 7.10.1. Una vez terminado la confección de los bloques de las resinas compuesta se almacenaron en una estufa marca W30 VorOffnen Netzscker® procedencia alemana a una temperatura de 37°C hasta el momento que se realice las pruebas en la ciudad de Lima, el instrumento para medir la fuerza Vickers es un durómetro previamente calibrado (Ver anexo 05). Se usaron ficha para recolección de datos confeccionado por el investigador (Ver anexo 02).

1.6.2. Limitación espacial

La confección de los bloques de resina de fotocurado nanotecnología se realizó en el laboratorio de operatoria dental de la UNFV, a una temperatura ambiente de 23°C, de acuerdo a ISO 4049-2019, (Ver anexo 03), en la ciudad de Lima.

1.6.3. Limitación temporal

El tiempo determinado de un inicio o de un fin se puede complicar cuando se va acortando el tiempo en el desarrollo de la investigación que consiste la recolección bibliográfica, redacción del proyecto, validación y prueba de confiabilidad del instrumento, aplicación del instrumento de medición, tratamientos de los datos estadísticos, interpretación y análisis de información, revisión y teoría en relación con la información, elaboración del informe final.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar la microdureza superficial de las resinas de nanotecnología (nanoparticulada y nanohíbrida) fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) en comparación con la unidad LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.

1.7.2. Objetivos específicos

Comparar la microdureza superficial de las resinas nanoparticuladas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición.

Comparar la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20”- 10”, Soft Start 30”-15”, Low Power 20”-10”

Comparar la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos

Comparar la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtek Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos.

Comparar la microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.

Comparar la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición

Comparar la microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, con los programas high power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) y monowave (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.

Comparar la diferencia de los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanopartículas Tetric N-Ceram observar la diferencia estadística High Power, (20"-10"), Soft Start (30"-15"), Low Power (20"-10"), Monowave (40" - 20").

Comparación de Microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave N® con programas high power (10" y 20") Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")

Comparar la diferencia de los promedios en la microdureza superficial de la resina Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Las resinas de nanotecnología (nanopartículas y nanohíbridas) fotocuradas con unidades LED polywave N® con sus programas High Power, Soft star. Low Power presentan mayor microdureza superficial en comparación con la unidad LED monowave MN®, con diferente tiempo de exposición.

1.8.2. Hipótesis específicas

- La microdureza superficial de las resinas nanoparticuladas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20

segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"- 10", Soft Start 30"- 15", Low Power 20"-10"; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtek Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, con los programas high power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), y monowave (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La diferencia de los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanopartículas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística High Power, (20''-10''), Soft Start (30''-15''), Low Power (20''-10''), Monowave (40'' - 20''); presentan diferencias estadísticamente significativas.- La microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwaveN® con programas high power (10'' y 20'') Soft Start (15'' y 30''), Low Power (10'' y 20'') y unidad Monowave (20'' y 40''); presentan diferencias estadísticamente significativas.

- La diferencia de los promedios en la microdureza superficial de la resina Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10'' y 20''), Soft Start (15'' y 30''), Low Power (10'' y 20'') y unidad Monowave (20'' y 40''); presentan diferencias estadísticamente significativas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

El presente trabajo es experimental in vitro. Se analizó la microdureza superficial de las resinas compuestas de nanotecnología (nanohibrida y nanopartículas), se utilizó para su fotopolimerización lámparas LEDs Polywave N® y Monowave MN® de diferente longitud de onda, con diferente tiempo de exposición.

La importancia de estudiar la microdureza superficial, es que las características físicas y mecánicas de los componentes resinosos dentales están directamente vinculadas con la conversión de monómeros a polímeros. Un bajo grado de conversión ocasiona degeneración, daños de sustancias, fractura y desadaptación marginal lo que limita su longevidad del material. (Ferracane et al., 1992).

La microdureza se define como la resistencia de los materiales al ser penetrado o rallados por la punta de un indentador del microdurómetro. Bajo una carga estática y dinámica que tiene un material (Poloniato, 1998).

Microdurómetro equipo que permite medir la dureza de un material sin recubrir, se emplea cargas bajas. Funcionamiento se basa en ejercer una carga sobre la superficie del material a través de un elemento penetrados. El durómetro ejerce una fuerza sobre la superficie lo que dejará una huella, una vez que cesa la carga, se mide la profundidad. Para saber la dureza del material (Ingeniería Mecafenix, 2018). Las pruebas Vickers o Knoop son resultados de estrés se formulan kilogramos por milímetros cuadrados (kg/mm^2) microdurómetro son verificados por controladores digitales que ejecutan la conversión automáticamente de unidades filar a unidades Vickers previniendo errores (Salgado et al., 2015).

Polimerización, se define como proceso mediante el cual las moléculas simples, iguales o diferentes reaccionan entre sí por adición o condensación formando otras moléculas de peso

doble triple etc. Polimerización por adición se agregan sucesivas moléculas de monómeros que se convierten en polímeros (Par et al., 2019).

Monómeros es una molécula de pequeña masa molecular que está unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros y la Conversión es reacción química, relación entre la cantidad convertida de un reactivo y la cantidad alimentada del mismo (Silva et al., 2011).

Longitud de onda es la distancia que recorre una perturbación periódica que se propaga en un medio en ciclo, esta dependerá del medio. La densidad lumínica es aquella que nos da la claridad de una superficie que emite luz o de una fuente de luz.

Intensidad lumínica grado de fuerza o energía con que se realiza una acción En fotometría, la intensidad luminosa se define como la medida de potencia ponderada por la longitud de onda emitida por una fuente de luz en una dirección en específico por unidad de ángulo sólido, también se puede definir como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido (Gamo et al., 2018).

Los materiales resinosos de nanotecnología han conseguido disminuir el volumen de las partículas de relleno inorgánico hasta conseguir magnitudes nanométricas, calificado por incluir una mezcla de componente inorgánica de zirconio, sílices satinizadas y partículas aglomeradas de zirconio (Razona, 2017).

Los compuestos resinosos nanoclusters están constituidos por partículas inorgánicas de zirconio, sílice o nanosílica. Los clusters son aplicados con silano para conseguir enlazarse con la resina. Presentan un elevado contenido de carga cercano al 75%. En su elaboración, es por esta razón que se ha logrado acrecentar la resistencia mecánica y conseguir un material mejorada (Zeballos & Valdiviezo, 2013).

Los materiales resinosos de nanotecnología son continuamente analizados y los resultados son que disponen de características mecánicas que un material debe poseer para sostener las fuerzas de la oclusión estas son: resistencia compresiva, resistencia flexural, decreciente contracción de polimerización, resistencia a la fractura, resistencia a la microdureza, conveniente módulo de elasticidad, alta capacidad de pulido, óptima estética por su mimetismo con los remanentes dentales (Vieira, 2013; 3M ESPE. Filtek Z350 XT Restaurador Universal, 2017).

Las unidades de diferente longitud de onda. El efecto de usar polywave o Monowave unidad LED para el fotopolimerizado. La reducción de la irradiación de luz que pasa a través de los materiales muestra un grado de conversión (DC) disminuyendo al aumentar la profundidad. El grado de conversión (DC) se reconoció ser crucial para el éxito clínico de las resinas compuestas fotopolimerizada muestran limitada penetración de la luz visible y la posible polimerización insuficiente puede producir deficiencias en las propiedades mecánicas y reacciones biológicas adversas. En los últimos años se han introducido las unidades de fotocurado las Polywave basado en sistema de fotoiniciadores que tienen pico de absorción a diferente longitud de onda que canforoquinona estándar unidades de punta individuales y las tradicionales las Monowave (Giacomo et al., 2018).

2.1.1. Resinas compuestas

La odontología restauradora conservadora, es importante porque permiten preservar tejido dentario sano sin tener que desgastar para las retenciones, esto se debe a los tratamientos restaurativos adheridos tanto directas como indirectas. Este criterio modernizado se dedica en realizar preparaciones dentarias, fundamentándose en la eficacia del sistema de adhesión a las estructuras del tejido dental con los materiales utilizados. Los conocimientos de los principios de la adhesión, sustratos el de procedimientos y principios de adhesión son factores muy importantes para el buen desempeño en la práctica clínica (Garrofé et al., 2014).

La odontología restauradora es considerada como una especialización que trata de analizar en forma integral el diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico de la estructura dentaria.

La que nos permite utilizar sistemas restauradores adhesivos y preventivos la que consigue mejorar la conservación y mejoramiento de la anatomía, la estética y la funcionalidad, en especial la integridad fisiológica de la pieza dental, conservando la armonía y equilibrio de la estructura dental con los tejidos blandos y el sistema estomatognático (Anusavice et al., 2013).

La odontología actual se fundamenta sobre tres principios importantes el primero, no a la utilización de materiales metálicos, usan la cerámica, materiales compuestos resinosos, segundo principio de óptima adherencia a las estructuras dentales y el tercer principio es el logro de una estética con mimetismo (Bayne, 2000).

Las resinas compuestas material de restauraciones directo aparecieron en la década de 1960 por Bowen, como una opción a desplazar las resinas acrílicas y al silicato, material que se utilizaba para restauraciones anteriores, estas presentan una buena estética y mejoras en las propiedades físicas y mecánicas tienen mayor demanda, y esto se debe por las nanopartículas inorgánicas, así como relleno de metal cerámico, lo que optimiza su textura superficial, y favorece el tallado y acabado final con un mejor mimetismo estético (Morgan , 2004).

Este material, viene a ser combinación múltiple de sustancia orgánica Bis Gma (Bisfenol Metacrilato de Glicerilo), con partículas de relleno inorgánico, para enlazar las partículas de relleno a la matriz orgánica de la resina es necesario un agente de enlace como el Silano, este agente de conexión se incluyen en la fórmula para favorecer la polimerización, adapta la viscosidad y perfecciona la opacidad radiográfica. (Anusavice et al., 2013; Phillip et al., 2010).

Los compuestos resinosos siguen evolucionando para conseguir color, translucidez y opacidad, lo que se quiere encontrar es la formas de mimetizar el color de los dientes naturales,

originando que sea el material de restauración directa con mayor estética. Al principio los compuestos resinosos estaban indicados solo para las restauraciones estéticas de los dientes anteriores. Gracias a la evolución de estos materiales, la indicación sugirió a los dientes posteriores. Entre los mejoramientos de los compuestos resinosos, se reconoce aumentó entre sus propiedades mecánicas tales como la resistencia a la erosión, compresión, microdureza y estética (Ada, 2003).

Los avances logrados en este material no han conseguido eliminar la contracción que presentan los materiales por tener como componente al metacrilato originando la interfase y por ende la microfiltración; presentan aún deficiencias que limitan sus aplicaciones clínicas siendo principalmente las respuestas frente a las manifestaciones de desgaste y de contracción por fotopolimerización lo que origina frustración en el desempeño clínico (Garrofe et al., 2014; Setcots et al., 1999).

Los estudios dirigidos a perfeccionar la resistencia a la abrasión y reducir la contracción de polimerización de estos materiales se han focalizado ante todo en alterar el tamaño, elaboración y disposición de la carga relleno inorgánica dentro de la matriz de resina, alcanzando recientemente en estos tiempos el relleno de tamaño nanométrico, que al tener un menor tamaño de partículas se acoplaban mejor entre sí, mostrando disminución en el grado de contracción durante la fotopolimerización brindando al material no solamente mejoras en sus propiedades mecánicas, sino también una mayor calidad de superficie y óptimo pulido (Rodríguez & Pereira, 2008; Setcots et al., 1999).

La microdureza superficial del material tiene un gran valor en el desempeño clínico de la restauración, cuando mayor sea, brindara al material resinoso una mejor resistencia al desgaste (rayado o arañado). Para mejorar la microdureza de las superficies de los materiales compuestos resinosos deben ser sometidos a procedimientos de pulido, porque podríamos

ocasionar inflamación gingival, tensión superficial e incluso caries secundaria (Da Costa et al., 2007; Paravina et al., 2004).

Los procedimientos de los sistemas adhesivos han evolucionado de tal forma que la adhesión entre las resinas compuestas y los remanentes dentales son más seguros, disminuyendo la microfiltración y la caries recidivante. A pesar de todos estos beneficios, la restauración con material compuestos resinosos es un procedimiento que requiere de mucha precaución y tiempo, se debe tener cuidado con la contaminación, control de la humedad y la contracción cuando es fotopolimerizado (Braga et al., 2005; Deborah, 2000).

Los agentes que predominan en el buen desempeño o fracaso clínico de una restauración con material resinoso es la conversión de monómero a polímero, donde se busca convertir la mayor cantidad de monómeros en polímeros porque esto es indispensable para el comportamiento de las propiedades mecánicas de los materiales y las dificultades relacionadas a esta. (Da Costa et al., 2007; Ferracane et al., 1992).

Sin embargo, se detectó que la microdureza tuvo menos valor en las resinas extra claras que la del color A con saturación 2, se fundamentó que este fenómeno se relaciona con las resinas extra claras presentaban mayor radiopacidad y que estas podían intervenir durante la polimerización afectando directamente al fotocurado de la profundidad (Yazici et al., 2010).

Otro agente para considerar es el tiempo de exposición. Encontraron que cuando la densidad de energía (intensidad de luz X tiempo de exposición) es perseverante, la profundidad de la polimerización y grado de conversión son similares demostrando una influencia de la intensidad y el tiempo. Evaluaron la influencia del tiempo de exposición encontrando un aumento significativo de la microdureza superficial cuando se incrementó el tiempo de exposición de 20 a 40 segundos (De Cássia et al., 2020; Davidson & Felizer, 1997).

Conocer como cada factor influye en las propiedades del material de restauración es fundamental para poder elegir los materiales más indicados a las piezas dentarias de acuerdo a la función que desempeña (Roder et al., 2000).

2.1.2. Componentes químicas de las resinas compuestas

La Matriz orgánica. Los elementos químicos de lo compuestos resinosos. Consta de una matriz de resina plástica que viene a ser la composición orgánica Bisfenol Metacrilato de Glicerilo, fibra de refuerzo que es el componente inorgánico como bario, cuarzo, selenio, estroncio calcio y otros que forman una fase dispersa, agente de conexión o acoplamiento que es el silano, sistema activador peróxido de benzoilo iniciador canforoquinona de la polimerización, Pigmentos que nos acceden a conseguir mejor estética de los diente, inhibidores de la polimerización como el oxígeno e hidroquinona, los cuales dan mayor longevidad de almacenamiento y aumentan el tiempo de trabajo (Anuvic et al., 2013; Phillips et al., 2010).

El peso molecular elevado es una propiedad limitante, porque que incrementa su densidad, pegajosidad dando origen a una reología (relación entre el esfuerzo y la deformación de la materia) no deseable que arriesgan las propiedades de manipulación. Además, en condiciones generales de fotopolimerización, el grado de conversión del Bis-GMA es menor. Para mejorar estos defectos, se aumentan monómeros de baja densidad tales como el TEGMA (trietilenglicol dimetacrilato). En estos tiempos el sistema Bis-GMA/TEGMA es de lo más utilizado y promueven una posible mejora en las resinas compuestas. (Bayne et al., 2004; Fortin & Vargas, 2000).

Este sistema es muy común de hacerlo y muestra resultados clínicos parcialmente satisfactorios, pero existen características que se tienen que perfeccionarse, como la resistencia al desgaste (Combe & Burke, 2000).

La molécula de Bis-GMA. Tiene dos componentes hidroxilo las cuales inician la absorción del agua. Un excedente de absorción acuosa en las resinas tiene consecuencia perjudicial en sus características e inician una posible degradación hidrolítica (Sarrett, 2005).

En la actualidad, los monómeros de menor densidad como el Bis-EMA (bisfenol A polietileno glicol dieter di metacrilatos), han sido introducidos en algunos compuestos resinosos, lo que origina una limitación del uso del TEGMA. El Bis-EMA tiene mayor peso molecular y tiene menores uniones dobles por unidad de peso, por lo tanto, se va a obtener una disminución en la contracción de fotopolimerización, que otorga una matriz estable y con incremento de hidrofobicidad, lo que reduce su sensibilidad y variación por la humedad (Chain et al., 2002).

El monómero comúnmente usado es el UDMA (di metacrilatos de uretano) asociado o no de Bis GMA, su eficacia es que posee menor densidad y superior flexibilidad, lo que aumenta las propiedades mecánicas del material. Las resinas compuestas cuya base es el UDMA se fotopolimerizan mucho mejor que las que tienen como base el en Bis-GMA (Fong et al., 2005; Ferracane et al., 1992).

Según Soderholm et al. (1993), “Indicaron que la profundidad del curado era menor que en ciertas resinas compuestas basadas en UDMA debido a una diferencia entre el índice de refracción de luz entre el monómero y relleno”.

2.1.3. Partículas de relleno inorgánico

Son componentes del material resinoso que van a suministrar estabilidad dimensional a la matriz orgánica, mejorando las características mecánicas; la resistencia a la tracción, a la compresión, a la dureza, a la abrasión, aumenta el módulo de elasticidad (rigidez), y fotopolimerización que al incluir estas partículas a la matriz disminuye la contracción de fotopolimerización, la sorción (material es absorbido por otro), acuosidad y el coeficiente de expansión, favoreciendo el incremento de resistencia a la tracción, compresión y la erosión,

acrecentando el módulo de Young (rigidez) (Zeballos & Valdiviezo, 2013; McCabe & Kagi, 1991).

Los componentes inorgánicos de mayor uso son las de cuarzo o vidrio de bario, circonio, sílice y otros, que son de diversos tamaños que pasan por de distintos desarrollos de elaboración (pulverización, trituración, molido) hasta llegar a partículas nanotecnología. Las partículas de cuarzo son la más resistente de triturar y mejor desempeño en la erosión, que el vidrio, además tienen mayor adhesividad con los agentes de conexión (silano). También se emplean partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (macropartículas), las que son producidas a través de transformación pirolíticas (quema) o de precipitación (Sílice coloidal) (Morgan, 2004; Alves, 1988).

La preferencia contemporánea es la nanotecnología en el tamaño de las partículas; que la colocación sea lo más cercano posible, a 0,005um en tamaño (Sabbagh et al., 2004).

Es fundamental mencionar que el aumento de incorporación de relleno inorgánico a la matriz orgánica; las características mecánicas mejora, porque disminuye la contracción de polimerización en deducción decrece la microfiltración marginal. (Willems et al., 1992).

Una de sus propiedades negativas del material resinoso es la tensión o estrés dando origen a la contracción de polimerización, o sea, la relación que existe entre la contracción de la resina, su módulo de Young (rigidez) y la cuantía de superficie dentarias a juntarse (factor C). Es por esto que las resinas que se agregaron gran cantidad de componentes inorgánicos disminuyen la contracción, pero ocasiona incremento de estrés y como resultado tendríamos un aumento de microfiltración, por excesiva la rigidez (Chain et al., 2002; Davidson & Felizer 1997).

Los componentes inorgánicos de las resinas están repartidos por una combinación de relleno de sílice no aglomerados de 20 nm de partículas inorgánicas de circonio de 4 a 11 nm y una partícula inorgánica clúster agregado de circonio/sílice (partículas de sílice de 20 nm y

de zirconio de 4 a 11 nm), los tonos de la estructura de dentina esmalte y volumen tiene una magnitud promedio de las partículas clúster de 0,6 a 10 micrones. Los colores translucidos poseen una carga de relleno inorgánico es de 72,5% por peso 55,6% por volumen y para los remanentes de colores tienen un peso de 78,5% por peso y 63,3% por volumen (3M ESPE, 2017).

2.1.4. Agente de conexión o de acoplamiento

Según Bowen (1963), mediante el adelanto de evolución de los compuestos resinosos dentales, demostró que las características ideales del material resinoso necesitaban del enlace resistente entre el relleno inorgánico (cargas) y la matriz orgánica (BISGMA). El enlace de estos dos compuestos se obtendrá integrando los componentes de relleno con un agente de conexión que tiene propiedades tanto de relleno como de matriz. El agente encargado de este enlace es una molécula bifuncional que tiene grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilato (C=C) en el otro. La mayor parte de las resinas compuestas que se ofrecen en el mercado tienen relleno basado en sílice, el agente de enlace más empleado es el Silano. El silano que es utilizado como agente de unión es el metacril- oxipropil-silano (MPS), que es una molécula que tiene dos polos donde se junta a las partículas inorgánicas, cuando son hidrolizadas por medio de puente de hidrógeno y en el otro extremo tiene el grupo metacrilatos, los que van a conformar enlaces covalentes con los compuestos resinoso durante el proceso de polimerización presentando una conveniente interface resina y partículas de relleno inorgánico. Al mismo tiempo el silano mejora las propiedades mecánicas de las resinas compuestas, porque establece una transmisión de tensiones del estadió que se altera fácilmente (matriz resinosa), para el estadió más rígido (partículas de relleno). Además, estos agentes de enlace previenen la introducción de agua en la interface BISGMA/partículas de relleno, favoreciendo un equilibrio hidrolítico en el interior de la resina (Zeballos & Valdiviezo, 2013; Manhar et al., 2000; Craig, 1995).

La evolución de la tecnología de silanización ansia en encontrar el revestimiento uniforme de las partículas inorgánicas lo cual proporcionan especiales características a la resina compuestas. Para obtener está cubierta uniforme, los productores emplean diversas estructuras y revisten varias veces la partícula inorgánica (Antonucci et al., 2003).

2.1.4.1. Fotoiniciadores. Según Janda et al. (2004), “El sistema de foto iniciador puede no solo afectar en las cualidades del fotocurado y la resistencia de los materiales, sino también tener efecto en la estabilidad del color”.

En el proceso de polimerización se necesita de un iniciador durante la conversación de los monómeros a polímeros. Las resinas compuestas se pueden obtener de diversos modos en este proceso. En varios de sus modos es necesaria la acción de los radicales libres, para que estos se generen es indispensable un estímulo externo para iniciar la reacción (Labella et al., 1998; Knezevic et al., 2001).

En los materiales resinosos dentales autocurado la incitación se origina a la mezcla las dos pastas, una de las cuales tiene un activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxietil-p-toluidina) y la otra un iniciador (peróxido de benzoilo). En el caso de los procedimientos fotocurados, la energía de luz visible incita que se estimule el iniciador de las resinas compuestas (canforquinona, lucerina u otros). Es indispensable que la resina compuesta reciba una fuente de luz de una unidad de fotocurado que pueda convertir al monómero en polímero, la longitud de onda adecuada es entre 420 y 500 nanómetros en el espacio de luz visible. (Rovira, 2015; Rueggeberg et al., 1993).

Es por este motivo, que el cirujano dentista debe ser precavido en minimizar el tiempo de la exposición de luz, hasta que el material esté listo para fotocurar, de otra forma puede iniciar una polimerización adelantada y el tiempo de trabajo se pueda disminuir considerablemente (Kuljis et al., 2003).

Existe otra manera sencilla de polimerizar los materiales resinosos es por medio de la utilización de calor que puede ser solo o junto con fotocurado. Esta técnica es muy frecuente con las resinas usadas en laboratorio de elaboración de inlay y onlays. Para los componentes termo curado, temperaturas de 100°con más, la cual sirve para incitar al iniciador. El termo curado luego de fotocurado aumentará las características de las resinas sobre todo la resistencia a la abrasión y la resistencia a la desadaptación marginal (Ada, 2003; Leinfelder & Broome, 1994).

En la polimerización la existencia de gran cantidad de monómeros no fotopolimerizados ocasiona características físicas deficientes, inadecuada retención, elevada solubilidad y respuestas negativas pulpares (Dunn & Bush, 2002). Según Rovira (2015) “La unidad de fotocurado utilizada, el espectro de transmisión de luz, la potencia de luz emitida y el procedimiento de polimerización son elemento concomitante con la eficacia de polimerización de los materiales resinosos activados por luz.”

La canforoquinona es el fotoiniciador del material resinoso que se patentó en el año 1971, ICI. Absorbe la luz en el rango de longitud de onda visible. A partir de ese instante, la gran cantidad de los compuestos resinosos fotopolimerizable que se expende en el mercado lo tienen como iniciador a la canforoquinona es un elemento de color amarillo, idóneo de captar la luz en el área azul del espectro de luz visible (400-500nm), con una captación máxima de 465 -575nm. Lo cual se fundamenta el fuerte color amarillento propio de la canforquinona. Los materiales resinosos estilan ofrecer un contenido de canforoquinona del 0,15% -0,20%. Por esta razón que al incrementar la proporción del fotoiniciador no se consigue una buena polimerización en la profundidad de la resina, ni un mejor grado de conversión del compuesto resinoso (Mallat, 2005).

En el proceso de la activación del iniciador y fotopolimerización del material resinoso, la canforoquinona no se disgrega totalmente como consecuencia de la fotopolimerización, por

lo que van a tener un tono amarillo. Comúnmente este color no influye en la estética de las restauraciones porque el color natural de la pieza dentaria incluye algo de amarillo, sin embargo, si se tiene que realizar tratamientos de aclaramiento a las piezas dentales la cantidad de la canforquinona tiene que ser disminuido para poder obtener un grado semejante al blanco (Burtscher, 2007).

“La canforoquinona CQ produce radical libre activo, La mezcla de fotoiniciadores optativos con CQ obtuvo efectos confortantes, desde sus perspectivas estéticas y mecánicas de los materiales compuestos de resina modelo” (Salgado et al., 2015).

PPD o fenilpropandiona tiene un espectro de absorción que se propaga desde el área de longitud de onda UV hasta aprox. 490nm (Salgado et al., 2015).

Este fotoiniciador consigue un grado de transformación semejante a las canforquinonas y cuando están unidos, actúan sinérgicamente dando como resultado una foto activación más competente. El PPD muchas veces son componentes de los adhesivos monocomponentes y en los composites de tono esmalte o translúcido (Mallat, 2005).

La lucerina es óxido de acil fosfina ha conseguido gran aceptación gracias a que se aclara del todo una vez que la fotopolimerización ha concluido, su pico de susceptibilidad que se traslada a la franja de longitud de onda considerablemente menor. La lucerina TPO Y PPD se fotopolimeriza solo hasta un punto límite con las tradicionales lámparas de diodos LED de primera y segunda generación, y por su baja salida espectral apenas recubre el espectro de asimilación de estos iniciadores (Mallat, 2005).

Ivocerin (derivado del dibenzoil de germanio) que ha sido integrado al sistema iniciador estándar (Lucerina y canforquinona), que hace la polimerización sea más acelerada y a la vez esta combinación de iniciadores permite tener mayor translucidez del 15% similar a la del esmalte. Esta resina tiene una absorción máxima del espectro de luz azul entre 370 nm y 460 nm. Cuando es sometida a la luz de una lámpara potente su tiempo de curado es de 10 segundos.

El ivocerin tiene un alto coeficiente de absorción de luz y además es más reactivo que la canforquinona y lucerina, permitiendo que la resina fotopolimerice con mayor velocidad y con una mayor profundidad de curado, actuando como un acelerador de la polimerización (Mahn, 2014).

El objetivo en el progreso de las últimas lámparas diodos LED fue, por lo tanto, radiar luz en área de longitud de onda más baja que existen a la Lucerina TPO Y PPD de manera semejante a las lámparas halógenas. (Documentación Científica bluephase, 2008).

Lucerin° TPO ahora se utilizan en algunos materiales compuestos porque es totalmente incoloro posteriormente de la polimerización del curado con luz, y sus polímeros son poco amarillentos que otros tipos en lo que se usan únicamente canforquinona como fotoiniciador. (Salgado et al., 2015).

2.1.4.2. Clasificación de las resinas compuestas. Las resinas se clasifican en resinas acrílicas y resinas compuestas polimerizable y autopolimerizable. Las resinas compuestas polimerizable mostrando una marcada diferencia de las resinas autocurado. Las resinas compuestas polimerizable su composición es de una combinación de partículas de relleno inorgánico, una matriz orgánica BISGMA y un enlace de unión como Silano, lo que incrementa las características mecánicas y físicas, estimula el equilibrio hidrolítico en el interior de la resina, favorece la polimerización, dan tono, transparencia y opacidad con la finalidad de ser los muy parecidos al tono natural del diente (Zeballos & Valdiviezo, 2013).

Las resinas se les clasifica con el fin de facilitar al cirujano dentista su reconocimiento y posterior uso terapéutico. (Lutz & Phillips, 1983).

Esta clasificación separa a las resinas compuesta por la dimensión y disposición de las partículas inorgánicas en: tradicionales o macro relleno (de 0,1 a 100 μm), micro relleno (de 0,04 μm) y los compuestos resinosos híbridos (con partículas inorgánicas diferentes tamaños). Entre las resinas compuestas de última generación están las de nanorelleno, las cuales incluyen

partículas de tamaño menor a los 10nm como relleno, la que se distribuye de manera agrupada en lo que es denominado nano clúster, de manera individual o en nano agregados de tamaño cercano de 75nm. (Rodríguez & Pereira, 2008).

A. Resinas compuestas de macrorrelleno. Llamadas resinas tradicionales, se hallan compuestas por partículas de relleno inorgánico de 10 a 50 μm . Presentan un defectuoso acabado superficial ya que hay desgaste (erosión) y por sus macropartículas no se puede conseguir un buen pulido dentro de la en la matriz orgánica. Las partículas inorgánicas más usadas fueron el cuarzo, vidrio, estroncio y bario que son muy resistentes en triturarlas. Presentan desventajas tales como porosidad superficial, la cual da lugar a que los dientes sufran pigmentación (Nevárez, 2010).

Su rendimiento clínico es defectuoso crea una mayor abrasión al diente antagonista, además la aspereza de la superficie interviene en la poca brillantez superficial lo que produce una mayor sensibilidad a la pigmentación, no tiene radiopacidad; el vidrio de estroncio o bario son radiopacos, pero son menos permanentes que el cuarzo (Phillips et al., 2010).

B. Resinas compuestas de microrellenos. Son resinas compuestas de alto pulido y acabado sutil, que en su composición tiene partículas de sílice coloidal, con un tamaño de 0,01 y 0,05 micrones de diámetros, priorizados para los dientes anteriores porque las tensiones de la oclusión son pequeñas (Lanag et al., 1992).

Contraindicadas en sector posterior porque presentan coeficiente de expansión térmica incrementado, disminuido el módulo de Young y característica micromecánicas y físicas inferiores, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa la que puede conllevar su degradación y ruptura entre el relleno y la matriz. Son indicadas para clase III, IV, V (Porto et al., 2010; Miyasaka, 2001).

En su desempeño clínico estas resinas se adaptan mejor en los dientes anteriores, donde las tensiones de la oclusión son condicionalmente limitadas, proporcionando un mayor pulido

y brillantez superficial dando una buena estética a los tratamientos restaurativos. Ejemplo de microrelleno: Filtek A 110 (3M- Espe Aelite Micrones Bisco) (Bayne, 2000).

C. Resinas compuesta Híbridas. Son compuestos fortalecidos por unas fases inorgánicas de vidrio de tamaño de 60% y tamaño de partícula entre 0,06 y 1um, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 um. Presentan óptimas propiedades y es adecuado para los dientes posterior y anterior, presentan mejor textura, baja contracción de polimerización decreciente abrasión y mejor pulido (Rodríguez & Pereira, 2008).

Estos materiales tienen variadas categoría de opacidad, translucidez y diversas tonalidades y fosforescencia llegando a camuflarse con la estructura dental, presentan disminución de contracción en la polimerización, decreciente sorción acuosa, excelente característica al acabado y textura suave, y su coeficiente de expansión térmica muy semejante a la estructura dentaria, es de uso general tanto en las piezas dentarias anterior como posterior. (Braga et al., 2005; Wakefield & Clifford, 2001).

En su composición de los híbridos su carga inorgánica es mayor que la otra resina compuesta, permitiendo recobrar gran parte de los atributos mecánicos desaparecidos en los procedimientos de microrelleno, aunque la capacidad de pulido no es excelente (Anusavice et al., 2004). (Ejemplo de resinas híbridas: APH, Filtek 250 83M-Espe), Tetric Ceram (Vivadent), Herculite XRV (KER), Synergy Duo Shade Coltene).

D. Resinas compuestas microhíbridas. Las resinas compuestas ofrecen partículas de relleno inferior a 1um son de 0,04 um. Muestran de 60 % a 70% de partículas inorgánico, tienen excelentes características estéticas, la contracción en la polimerización disminuye, recomendadas en los dientes anteriores y posteriores eminente técnica de pulido en un tiempo corto Ejemplo Brilliant Esthetic (Coltene), Miris (Coltene), Tph Spectrum (Dentsply). (Rodríguez & Pereira, 2008).

E. Resinas fluidas. Son materiales microhíbridos donde se ha reducido la cantidad de partículas inorgánicas hasta conseguir el estado de fluidez y así conseguir el escurrimiento. Las resinas fluidas o llamadas en inglés “flow” poseen elevada humectabilidad de la superficie donde va a penetrar en todas las irregularidades de la cavidad dentaria, forman capas de espesor mínimos que eliminan la inclusión de aire, poseen alta flexibilidad, indicadas para clase V Y III, como forro cavitario en clase I, II y en borde cavo superficial, su desventaja alta contracción en la fotopolimerización debido a la poca carga que tiene, sus características mecánicas son deficientes. Ejemplo: Filtek Flow (3M-Espe), Revolution 2 (Kerr), Aelite Flow Bisco. (Irie et al., 2003; Combe & Burke, 2000).

F. Híbridos Modernos. Esta clase de material posee mayor porcentaje de partículas inorgánicas submicrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula disminuida (desde 0,4 μm a 1,0 μm), unidos a un tanto por ciento de relleno proporciona una excelente resistencia a la abrasión y sus características mecánicas mejoran, sin embargo, estas resinas no tienen un buen acabado al pulido y la brillantez superficial se daña con prontitud. (Dietschi et al., 1994).

Este prototipo de resinas son una evolución actual, incluyen componentes inorgánicos con volúmenes inferiores a 10 nm (0,01 μm), el relleno inorgánico se ubica en forma particular o aglomeradas en “nanoclusters” o nano agregados cercanos a 75 nm. (Bayne et al., 2004). El empleo de los materiales resinosos de nanotecnología nos brinda mayor transparencia, pulido óptimo semejante a los compuestos resinosos de microrelleno, conservando las características físicas y resistencia a la abrasión son semejantes a los compuestos híbridos Por estas cualidades, se utilizan en las piezas dentarias anteriores como posteriores. (Geraldí et al., 2003; Yin et al., 2002).

G. Resinas de nanotecnología. Los materiales resinosos de tecnología nano han conseguido disminuir el volumen de las partículas de relleno inorgánico hasta conseguir

magnitudes nanométricas cercana de 25 nm a 75 nm, calificado por incluir una mezcla de componente inorgánicas de zirconio, sílice alterada y partículas aglomeradas de zirconio (Razona, 2017)

Los compuestos resinosos 'nanoclusters' están constituidos por partículas inorgánicas de zirconia, sílica o nano sílica. Los “clusters” son aplicados con silano para conseguir enlazarse con la resina. Presentan un elevado contenido de carga cercano al 75%. En su elaboración, es por esta razón que se ha logrado acrecentar la resistencia mecánica y conseguir un material mejorada.

Los materiales resinosos de nanotecnología son continuamente analizados y los resultados son que disponen de características mecánicas que un material debe poseer para sostener las fuerzas de la oclusión como resistencia compresiva, resistencia flexural, decreciente contracción de polimerización, resistencia a la fractura, resistencia a la microdureza, conveniente módulo de elasticidad, alta capacidad de pulido, óptima estética por su mimetismo con los remanentes dentales (3M ESPE, 2017; Vieira, 2013).

Las características fundamentales de las resinas nanohíbridas demuestra que tiene un elevado efecto de viscosidad, con características físicas y mecánicas con mayor resistencia, descenso en la contracción de polimerización, es de simple maniobra, tiene baja sensibilidad de hidrofobicidad. Están clínicamente adecuadas para las restauraciones de las piezas dentarias anteriores como posteriores.

Según Vargas (2009). “El término nanohíbrida determina la incorporación de nano partículas Flow dentro de un compuesto resinoso híbrido”. Estos disponen una notable mezcla de composites fluidos nanohíbridos, la cual tiene la virtud de actuar dentro del tratamiento restaurativo de forma fiable, es lo que el cirujano dentista aguarda conseguir en el transcurso de la restauración, permitiendo alcanzar un tratamiento adecuado entre la estética y el rendimiento mecánico (Kerr, 2017).

Tetric N Ceram Bulk Fill resina nanohíbrida cuyo iniciador es el Ivocerin es muy eficiente que pertenece a la nano optimación Tetric N Collection.

Es capaz de restaurar dientes de la región posterior con tan solo una capa de 4mm de grosor que es la técnica dado por el fabricante lo que va a incrementar considerablemente la eficacia de su iniciador Ivocerin, asegura la polimerización completa de la obturación comparando con los fotoiniciadores convencionales. Contiene un liberador especial de estrés que mantiene el estrés y la contracción durante la polimerización color universal A y B con buenos resultados estéticos para la región posterior. (Ivoclar Vivadent, 2011).

Las características de las resinas nanopartículas presenta una diversidad de matices y saturaciones, accediendo a efectos estéticos superiores a las demás resinas, aplicando el método de uno o diversos tonos presentando mimetismo o camuflaje excelente en las restauraciones que son casi imperceptibles, permite un eficaz pulido y adhesividad frente a los compuestos de microrellenos, tienen fosforescencia acrecentada, es de simple mezclado. Sus características mecánicas y físicas son elevadas, la contracción durante la polimerización es decreciente, la resistencia a la fractura, compresión tracción, flexión y desgaste, son óptimas, se emplea para procedimientos directos en los remanentes dentales para dientes anteriores y posteriores incorporando áreas oclusales en tratamientos de método indirecta (inlay-onlay-carillas) en ferulización y reconstrucción de muñones.

Resina Bulk Fill® estos materiales son una mezcla de sílice no aglomerado no agregado de 20 nm, zirconia aglomerada no agregada de 4 a 11 nm y un compuesto de zirconia sílice adherido, así mismo de un componente de relleno de trifluoruro de iterbio en un aglomerado de partículas de 100 nm. El peso del componente de relleno inorgánico es de alrededor 76.5% por peso (58.4% por volumen). Filtek™ Bulk Fill material resinoso indicado para restauraciones Posteriores contiene UDMA, y 1, 12-dodecanodiol-DMA. Filtek™ Bulk Fill se adapta a la estructura del diente después de realizar la capa híbrida con adhesivo dental a base

de metacrilato que adhieren la restauración de manera permanente. La resina Filtek Bulk Fill está disponible en las casas dentales en jeringas tradicionales (3M ESP, 2015).

2.1.5. Propiedades mecánicas de las resinas compuestas

La importancia primordial para entender las características mecánicas de los materiales resinosos es por medio de las resistencias oclusales, la resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, la resistencia a la fractura, microdureza (Sabbagh et al., 2002),

El desempeño clínico permite pronosticar fracturas en el mismo material como en los márgenes cavo superficial de las restauraciones (Gladys et al., 1997; Manhart et al., 2000),

Se han detallado diversos procedimientos estáticos y dinámicos para establecer las particularidades mecánicas de los compuestos resinosos y los más empleado permite valorar sincrónicamente la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad o de Young y otra propiedad mecánica la microdureza (Sabbagh et al., 2002).

2.1.5.1. Resistencia a la Flexión. La resistencia a la flexión es la carga máxima que resiste el material a ser fracturado. Según Gladys (1997) “Las resinas compuestas híbridas su resistencia a la flexión es elevada este compuesto resinoso ha manifestado un buen desempeño en la resistencia mecánica.” Esto se debe por su gran cantidad de partículas inorgánicas estas son desiguales dando como resultado que la resistencia a la flexión sea superior. Los elementos que más influyen en las características mecánicas de los materiales resinosos son sus partículas inorgánicas, su forma, su disposición y el intercambio entre las partículas inorgánicas y la matriz orgánica (Kim & Ong, 2002; Manhart et al., 2000).

También se ha detallado que los materiales resinosos que incorporan flúor soluble muestran una resistencia flexural decreciente, porque el elemento flúor se disgrega y hay presencia de microporosidades que favorecen la difusión del crack La resistencia flexural de los compuestos resinosos se adecua con el módulo de Young, de tal forma que si la primera es baja el módulo de elasticidad lo será también (Razzetti et al., 2001).

2.1.5.2. Módulo de elasticidad de Young. El módulo de Young es propiedad del composite guarda una correlación entre el estrés y la alteración de un material que soporta cuando reciba una determinada fuerza de tensión, por lo tanto, es una medida de inflexión relativa de un material más rígido requerirá un peso superior para alterarse en el mismo grado que una más elástico. Lo adecuado sería que el módulo de elasticidad de los materiales ha de ser parecido a la estructura dentaria.

En los tratamientos dentales clase V los materiales resinosos deben tener su módulo de Young bajo para que tolere la distorsionarse durante la flexión del diente, mientras que en los tratamientos dentales clase II el módulo de Young debe ser ampliamente elevado como para sostener las distorsiones y evitar las fracturas de las cúspides (Xu et al., 1998).

Se debe tener en cuenta que la estructura dentaria está conformada por esmalte y dentina, y ambos componentes tienen su función elástica totalmente desiguales, es por esta razón que se asume que los materiales que se usan para tratamientos de piezas posteriores deben tener un módulo de elasticidad al menos semejante a la dentina o mayor, que está determinado en 18 MGPa (Craig, 1995; Willems et al., 1992).

Además. cuando menor sea la desigualdad entre el módulo de Young del material resinoso y la dentina, disminuiría la parte crítica de la interfase del compuesto resinoso y dentina. Por tanto, esta tiene un rol primordial en la prevención de microfiltración, la caries secundaria y la pérdida de las restauraciones (Montes, 2001; Labella et al., 1998).

2.1.6. Microdureza de las resinas compuestas

La dureza viene a ser la resistencia de un material a ser rayado o arañado, por alteraciones continuas, se enlazan con otras características que producen estrés y el módulo de elasticidad. Se encuentra una conexión directa entre el módulo de Young y la microdureza (Giacomo et al., 2018; Manhart et al., 2000).

La medición de la dureza de los materiales, la dentina, el esmalte se realiza mediante los procedimientos de micro indentación Knoop y Vickers. Son métodos rápidos de realizar y no perjudicial. La prueba se basa en la alteración permanente inducida en la superficie que perdura tras la retirada de la carga (Van- Meerbeek et al.,1993). En el análisis de durómetro Vickers se emplea un indentador piramidal de diamante con un ángulo diedro de 136° , y para análisis para Knoop la punta dentado es piramidal de base rómbica, constituida por dos caras verticales entre sí con ángulo de 172° y 130° (Par et al., 2019; Anusavice et al., 2013).

Las primeras pruebas de durometros se realizaron en Inglaterra en el año 1925. El análisis de la microdureza se fundamenta como un ensayo por medición de indentación, examinando la muesca que marca el indentador de diamante de forma geométrica sobre el área superficial de un material con cargas o fuerza planificada dentro de un rango de 1 a 1000 gramos. Los valores microdureza en unidades Knoop y Vickers es conseguida por la medición de la longitud de los surcos o arañazos que es contemplada en el microscopio (Nevárez, 2010).

El indentador Knoop deja surco en formato romboide, límpido y amplio, en cambio que el indentador Vicker señala un rombo con ángulos más obtusos (Salgado et al., 2015).

El análisis de dureza Vicker emplea pesos superiores a 120 Kg/mm^2 (kilogramos de fuerza) relacionada a la escala Rockwell. El extenso rango de peso accede al Vicker para ser empleado en diferente material. Para obtener el volumen de la indentación se emplea la microscopia, adaptando la intensidad de iluminación y de forma manual la apertura del diafragma del microscopio, obteniendo así una conveniente magnificación y orientando al espécimen divisando así el surco (Nevárez, 2007).

Para una interpretación correcta se requiere la conversión micras por la carga destinada, haremos un ejemplo si se adhieren 500 gramos de fuerza se obtendrán los siguientes datos: $\text{HK}=500 \times 1.423=711$ unidades Knoop y $\text{HV0 } 500 \times 1.159=$ unidades Vicker (Poloniato, 1998).

Los valores Vicker y Knoop son mediciones de estrés, se enuncian en kilogramos por milímetro cuadrado (Kg/mm²). Los microdurómetro verificado por procesadores digitales, efectúan la conversión automáticamente de unidades Filar a unidades Knoop o unidades Vicker, evitando desaciertos (Salgado et al., 2015).

Fusayama (2000) Evaluó la estructura de piezas dentarias con un indentador Knoop por medio de cargas de 50 gramos durante 15 segundos y concluyó, "la microdureza cada 50 micras en cortes verticales desde el límite amelodentinario hasta la cámara pulpar tuvo una dureza media de 70 KHN en dentina y 22 KHN en piso cavitario".

2.1.6.1. Microdureza de la resina. Ferracane et al. (1992) evidenció mediante prueba de espectroscopía infrarroja la conexión verdadera entre microdureza y nivel de conversión en el composite autopolimerizable, "afirmando que ningún valor de dureza se puede utilizar para predecir el valor absoluto en conversión en resinas autocurables". El incremento de la microdureza superficial se correlacionó con la presencia de la actuación de los radicales libres inclusive 30 días después. La magnitud de conversión y la microdureza no expresaron una relación inalterable (Fadul et al., 2008).

El acontecimiento (Bulk Equilibrium) equilibrio de masa toma al menos 04 semanas en demostrarse completamente, es en aquel tiempo cuando aminora la dureza (Hammond, 2018).

La resistencia de la microdureza de los composites depende verticalmente del procedimiento catalítico (aumenta la velocidad de una reacción química sin ser consumida por esta reacción) implicado en la polimerización. Por ejemplo, un diámetro de 15mm de longitud de onda irradiada brinda decreciente dureza que una sola dosis continua de luz, la excitación rápida de los radicales iniciadores de la polimerización elabora un elevado grado de conversión en dobles uniones (Silva et al., 2011).

Lanag (1992), "comprueba que las resinas fotocuradas ofrece elevada resistencia al desgaste que los autopolimerizables".

Las consecuencias físicas de desgaste y fractura marginal de los materiales resinosos están relacionadas cuando existe un bajo grado de conversión, cuando se ve afectado el tamaño de las partículas de relleno inorgánico de la resina y la cantidad de polímeros provocados por la foto excitación e integrando en cadenas cruzadas. El grado de conversión regularmente decrece cuando se aumenta el relleno inorgánico en su compasión, si la resina se le añade además fibrilla de Sílice, el grado de conversión se mostrará sensiblemente menor, pero se incrementa la microdureza (Sarkar et al., 1999).

Salas & Lozano (2014) concluyó “la microdureza es importante para evaluar la resistencia a la indentación de los composites, que podría correlacionarse con su resistencia a la abrasión y su técnica de acabado y brillo”

Miletic et al. (2017) en su estudio “señala que existe una relación lineal positiva entre DC Y VH para la superficie inferior de los especímenes”

2.1.6.2. Propiedades mecánicas de la dentina humana. Marshall et al. (2010) “La dentina es el componente de mayor volumen del tejido dentario y cualidades cualidades son indispensables en casi todos los tratamientos restauradores de odontología”.

Es conveniente entender las cualidades y características mecánicas de la dentina para comprender cómo se ubican y atraen las fuerzas generadas durante la oclusión o compresión y poder predecir dificultades durante los tratamientos restaurativos, la edad y la patología igualmente permitirá pronosticar el comportamiento de la interfase dentina restauración.

Los valores difundidos de microdureza de la dentina están entre un rango de los 250 - 800 Mpa de acuerdo a la ubicación de la medida con relación al esmalte y la pulpa (Xu et al., 1998; Craig, 1995).

2.1.7. Unidades de fotopolimerización

Con la aparición de los materiales resinosos fotocurado en los años 70 surgieron las lámparas de fotos curadas o fotopolimerizables (Anusavice & Phillips, 2004).

Desde ese momento ocasionó una gran demanda de restauraciones con composite; estas unidades de fotocurado originó uno de los mejores adelantos para la especialidad odontológica actualizada. Están presentes en todos los consultorios estatales dentales privados y otros. Al comienzo eran univalentemente lámparas que emitían una luz de rayos ultravioletas no visibles, pero pronto fueron relegados por el sistema de luz visible que en la actualidad utilizamos. (Watanabe et al., 1989; Steger et al., 1976).

En los últimos años las lámparas de fotocurado han ido perfeccionándose, modificando su espectro de luz, su potencia de foto polimerización, y su forma ergonómica, para encontrar eficacia en la calidad de fotocuración de los materiales resinosos. La que se ha convertido en una de las unidades de fotocurado con mayor demanda en todo el mundo. Ofreciendo una odontología conservadora.

Algunos materiales adquieren su proceso de dureza ante una respuesta de fotopolimerización, para efectuar esta reacción va a necesitar energía para incitar la fase de iniciación; de esta forma podrá finalizar adecuadamente la reacción en un tiempo no muy extenso. La técnica del fotocurado se fundamenta en la fotoquímica; esto quiere decir, en el rendimiento de la labor por medio de la energía brillante para descansar en una activación química. Para elaborar el fotocurado es indispensable que la radiación lumínica sea captada por el material, la captación se elabora en función de la longitud de onda de la radiación incidente y las características de la estructura sobre la que incide la lámpara de fotocurado (Saravia, 2015).

Los rayos invisibles situados justo detrás del extremo violeta del espectro visible fueron descubiertos en el año 1801, por el físico alemán Johann Wilhelm Ritter,” encontró que eran

singularmente operativos y oscurecían el papel inmerso con cloruro de plata, nombrando a estos como “rayos desoxidantes”, para resaltar su reacción química para diferenciarlo de los rayos calóricos (descubiertos por William Herschel) que se ubicaba al otro lado del espectro visible. Al poco tiempo se implantó el nombre de “rayos químicos” y se hicieron suficientemente conocidos a lo largo del siglo XIX. Por último, estos fueron dando paso a los modernos históricos rayos infrarrojos y ultravioleta (Gagliani et al., 2002).

Las resinas compuestas fueron el modelo más fiable de este acontecimiento y, por último, en los inicios de la década del 70, la evolución en la ciencia de fotocuración cedieron el sitio a la aparición de las resinas fotopolimerizables. Fue el primer prototipo de origen lumínico empleado en odontología restauradora para foto activación del material resinoso. En las décadas de los años 70, se sustituyó rápidamente por otro sistema debido a su decreciente capacidad de penetración, muy pausado en la fotoactivación, y probabilidad de dermatosis o afección ocular ante exposiciones alargadas. Es así que a que a la mitad del año 1980 y hasta la mitad de los años 1990, la primordial fuente lumínica empleada fue la lámpara de luz halógena o incandescente, la cual tuvo una escasa transformación cualitativa durante estos años, los primordiales trabajos de investigación se encaminaron hacia la mejora de la polimerización mediante el progreso y el desarrollo de los compuestos química de los materiales foto curables (Rueggeberg et al., 1993).

2.1.7.1. Espectro electromagnético. El espectro electromagnético difiere con el espectro visible, porque incorpora únicamente frecuencias visibles a simple vista. El espectro electromagnético contiene frecuencias desde 0 hertz al infinito. El Hz pertenece a un ciclo por segundo, un hertz incumbe a una oscilación integra de los campos eléctricos y magnéticos por segundo (Dunn & Bush, 2002).

Los subrangos se nombran visible, infrarrojo, ondas de radio o rayos X entre otros. Cada uno de ellos la radiación se arroja y se descubren de una manera precisa. La luz visible

se percibe por su efecto en la retina del ojo humano, en cambio para descubrir las ondas de radio se requiere de un aparato electrónico especial (Ecured, 2018).

La unidad de medida de la longitud de onda es el metro, la que puede ser desde muy diminuta, se mide utilizando desde un nanómetro (nm) y angstrom hasta cientos de metros (Ecured, 2018). Los límites de extensión se designan crestas (Castaños, 2016). Con relación a la mitigación de la luz de las lámparas dentales, esta es más elevadas para las longitudes de onda menores (nm), tales como violeta (380-420 nm), en contraste con las longitudes de onda azules más elevadas (420 a 495 nm) indispensable para incitar la canforquinona (CQ) (Rocha et al., 2017).

En los momentos actuales, han aparecido variedades de unidades de fotocurado para las resinas compuestas, la que han desarrollado con el paso del tiempo entre ellas encontramos la lámpara Halógenas, lámparas de Arco Plasmático, lámparas Láser. lámparas LED (luz emitida por diodos). Lámparas LED de diferente longitud de onda Polywave Lámparas LED Monowave.

2.1.7.2. La luz halógena convencional. Estas lámpara (LH) de fotocurado, consta de una bombilla halógeno que emana luz dentro del espectro de luz visible y un filtrador que aminora el espectro entre 400 y 500 nm de longitud de onda a pesar de su requerimiento en el campo de la operatoria, estos equipos exponen frecuentes limitación tales como el decrecimiento sucesivo de la partida de energía por causa a la degeneración del filtro y foco, profundidad de la reacción química por polimerización, limitada por el extenso periodo de exposición y existencia de uso aminorada, con un periodo de tiempo de 40 y 100 horas de trabajo (Paravina et al., 2004; Turkun et al., 2004).

Diversos estudios que han utilizado las lámparas de fotocurado LEDS para polimerizar resinas se reportan en la literatura evidencian eficaces semejantes con las lámparas halógenas (Scheir et al., 2009; Irie et al., 2003). Algunos manifiestan que en estas técnicas falta

evolucionar, pero casi todos concuerdan que es una ciencia muy importante para este fin (Park et al., 2010).

En este equipo una de sus ventajas es el reducido precio, mayor vivencia obtenida en el área de la investigación estomatológica, estos componentes fueron precursores del soft start. Desventaja: tiempo de uso disminuido de los bulbos refulgente emisores, incrementada temperatura en el operativo, requiere de un sistema de ventilación, de filtro pobre desinfección de la superficie por la circulación del viento solicitado, el aseo y desinfección de la pieza donde se sujeta fue defectuoso (Rovira, 2015).

Al desarrollarse las investigaciones para el empleo de los materiales resinoso se pudo demostrar que al finalizar el año 80 y principio de los 90, que los mismos percibían una reacción de contracción en los primeros segundos durante la polimerización, producían microfiltración marginal y susceptibilidad postoperatoria; esto se debía al incremento de exposición que padecían al momento que se exponía a la luz (Hasewa et al., 2001).

Los productores de los equipos concedieron respuestas a este cuestionable inconveniente y crearon el método soft-start, este consiste que automáticamente al equipo iniciar la foto activación con una intensidad de luz disminuida que se acrecienta pausadamente hasta llegar al extremo límite de intensidad. Es así que los fotoiniciadores de las resinas compuestas no responden tan aceleradamente, aminoraba significativamente la reacción de contracción en tratamientos con estos composites. (Braga et al., 2005).

Por el año 1995, se conocía que una de las maneras de aminorar la contracción de los composites era utilizando el procedimiento de inserción incremental en los tratamientos dentales este método tenía el inconveniente que incrementan el periodo de labor porque los incrementos eran de 2 mm que permitió a los productores a la elaboración de la lámpara de plasma.

2.1.7.3. Lámpara de plasma. Conocida con lámparas Xenón Arc Lamp, originaba un haz reedición o reanudación concentrada en una magnitud de 2400 W/cm^2 . Son lámparas cuyos dispositivos originaban una capacidad suficiente de electricidad primordialmente elevado entre dos electrodos de tungsteno ubicados en una cámara con un gas inactivo (Xenón) que sería ionizado y proyectado en el interno de una cámara.

El objetivo de estas lámparas era de aminorar los tiempos de exposición y conseguir polimerización con más profundidad. Los productores aseguraban que los diversos composites polimerizados con estas lámparas tenían características muy parecida a las originadas por las unidades de fotocuración de luz halógenas convencionales reduciendo de modo significativo los tiempos de exposición. Estas poseen una longitud de onda que fluctúan 460 y 480 nm, que son muy semejante a la longitud de onda de la energía captada por la Canforoquinona. El margen de espectro fue de 20 nm mientras que el de luz halógena es de uno 100 nm, lo que se consideró ser una ventaja en cuanto a la precisión de fotón emitido, se convirtió en una desventaja cuando se hallaron fotoiniciadores diferentes a la canforoquinona, debieron tener en cuenta. La composición química de los composites, el espesor del fragmento y el número de paredes abarcadas en la cavidad fueron principios importantes, cuando se polimerizaban en elevadas intensidades. La polimerización se origina se acelera, dando lugar que el estrés de polimerización fuera igual o mayor, provocando una contracción superior.

Una de sus ventajas es la disminución del tiempo de polimerización de los composites. Dentro de las valoraciones tenemos una valoración muy alta, disminuida su eficacia, creciente temperatura en su manejo, es importante tener ventilación, incrementa la reacción de contracción de los composites, originando la interfase aplicación para la foto activador canforoquinona. Los tratamientos restauradores con composite fotopolimerizada con luz halógenas tradicionales su desempeño clínico fue superior, que las fotopolimerizada con lámpara de Xenón (Millar & Nicholson, 2001).

2.1.7.4. Lámparas láser. Creadas por Charles W. Hully en el año 1986, se comercializó antes de ingresar al siglo XXI. Con una longitud de onda que accedía a polimerizar los composites estas lámparas originaban una contracción de polimerización muy incrementada en dichos materiales.

Su desventaja, su costo elevado para ser usado en el campo de odontología, las lámparas láser de argón disponían de unas longitudes de onda en un rango de onda 450 – 514 nm, entre las variadas crestas de intensidad del láser de argón destacaban 488 nm-514 nm. La velocidad a la que se efectúa la polimerización incrementaba la contracción.

En las investigaciones in vitro realizados demostraron que el estrés de polimerización composite y estructura dental originan la interfase siendo superior la de las lámparas láser y arco de plasma comparada con la lámpara de luz halógena tradicionales dando lugar a que microfiltración aumente en las restauraciones clase V (Bou -Schlicher et al.,1997).

2.1.7.5. Lámparas LED. Se introdujeron al mercado en el año 1995, se universalizó en el siglo XXI, Las lámparas LED significan Light Mitin Diode. Son una mezcla de dos semiconductores (N-estimulados y P-estimulados), los conductores N-estimulados tienen una excedencia de electrones mientras que los p- estimulado solicitan electrones, resultando en la formación de espacios libres de electrones. El color de la luz LED estaba definido por el componente químico de la mezcla de semiconductores, fue la propiedad más relevante.

La luz LED, tenía una disposición espectral reducida que es unos factores primordiales entre la luz producida por la LED y las otras unidades de fotocurado usados en la fotopolimerización de resinas compuestas. Con la LED se podía generar longitudes de ondas deseadas mediante adecuadas energías de extensión de banda. Una causa esencial para la adecuada fotopolimerización de los composites es que necesitan una reducida cresta de impregnación del sistema iniciador. La banda de impregnación de la canforquinona fluctúa entre 360 y 520 nm y su cresta límite era de 465 nm; dentro de este rango, la emisión excelente

de luz debería ubicarse entre 450 y 490 nm. La mayor parte de los fotones emitidos por la LED interrelacionan con la canforquinona, ocasionando el mayor fotocurado en la profundidad y el incremento de conversión con respecto a las lámparas de luz halógenas, constituyéndose una disminución de 50% de acortamiento del periodo de exposición. Unas de las restricciones de las unidades LED es por su espectro de impregnación fuera de rango 430-480 nm no polimerizaban a los fotoiniciadores alternativos (Saravia, 2015).

2.1.7.6. Lámparas Polywave y Monowave. El efecto de usar polywave ó Monowave unidad LED para el fotopolimerizado. La reducción de la irradiación de luz que pasa a través de los materiales muestra un grado de conversión (DC) disminuyendo al aumentar la profundidad. El grado de conversión (DC) se reconoció ser crucial para el éxito clínico de las resinas compuestas fotopolimerizada muestran limitada penetración de la luz visible y La posible polimerización insuficiente puede producir deficiencias en las propiedades mecánicas y reacciones biológicas adversas. En los últimos años se han introducido las unidades de fotocuración las Polywave basado en sistema de fotoiniciadores que tienen pico de absorción a diferentes longitudes de onda que canforquinona estándar unidades de punta individuales y las tradicionales las Monowave (Giacomo et al., 2018).

Es una lámpara LED que produce luz azul de elevada energía, con un espectro de banda ancha “multiondas” Bluephase N, tiene una franja de longitud de onda color azul de 385-515 nm; y otra violeta (400-410nm), las que conseguirían acoplarse excelente a la activación de una gama de fotoiniciadores, para proteger íntegramente todo el rango de longitud de onda y suministrar una intensidad de luz 1200 mW/cm², la lámpara de polimerización LED Bluephase N da lugar a los superiores estándares, acopla todas los sistemas de procedimientos dentales actualizados por sus múltiples inventos.

El espectro es similar al de la luz halógena, que sirve de prototipo. Por esta razón que todas las lámparas de Bluephase resultan idóneas para polimerizar todos los materiales usados

habitualmente en odontología, polimerizan materiales agentes adhesivos, bases liners, selladores de fosas y fisura, provisionales, Brackets y trabajo de laboratorio tales como inlay de cerámica.

Bluephase tiene un sistema con tres programas de polimerización para diferentes tratamientos dentales. Programa High Power (potencia alta) tiempo 10 segundos, Low Power (potencia baja) tiempo 10 segundos, Soft (inicio suave) tiempo 15 segundo; se aplica a todos los colores de resina dental a un grosor de capa máxima de 2 mm.

Polywave LED sus ventajas, tiene un espectro de banda igual al halógeno 385-515 nm, indicada para una polimerización rápida de todos los procedimientos fotoiniciadores, estas indicaciones son gracias al refrigerante constante, clip & cure, para una maniobra de emergencia sin batería se utiliza la fuente de alimentación, conjunto de luz giratorio de 10 mm con un ingreso adecuado para todas las zonas tratadas.

Existen otros factores que afectan las eficiencias de las resinas compuestas en las restauraciones dentales. El cirujano dentista no calibra sus dispositivos por falta de recursos técnicos y por realizar sus procedimientos clínicos rápidos. Por lo tanto, se plantea qué sucedería cuando el cirujano toma una elección. Bluephase®- LED para todos los usos (Ivoclar Vivadent, 2008).

2.1.8. Polimerización

La polimerización de las resinas es por adición que se da por reacción de radicales libres en que el material sufre un cambio de un material acuoso a un estado rígido. Durante esta reacción el enlace alifático $C=C$ se desliga y se transforma en enlace covalentes CC primarios entre los monómeros de metacrilatos (Horning et al., 2012).

El grado de conversión parece estar dependiendo de la composición de los monómeros y de los diferentes iniciadores (Nevárez, 2010).

La unidad de fotopolimerización con un pico de luz altamente no homogénea puede causar defectos en la microdureza de las resinas compuestas y este problema puede producir fallas prematuras de las restauraciones (Price et al., 2014).

2.1.8.1. Factores de reacción de la polimerización. La cantidad de radicales libre tiene una relación con el grado de dureza y la polimerización que han sido estudiados en diferentes investigaciones Menese 1998 realizaron estudios donde compararon los composites Z100 (3M) y el composite Silux plus, Heliomolar con diferente aplicación de luz. El composite Z100 (3M) resultó con superior microdureza en comparación con los demás. El incremento del tiempo de la fotopolimerización provoca un aumento de radicales libres a mayor intensidad de luz, mayor microdureza.

En fotopolimerización se debe tomar en cuenta como factores determinantes a la temperatura, composición del monómero, el porcentaje del iniciador, y el grosor del composite.

Tenemos factores que intervienen del foco de luz que son longitud de onda, la transmitancia, la distancia, la intensidad y el tiempo de exposición (Mendo et al., 1995).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Es un estudio experimental porque hay intervención del investigador en la variable independiente con control interno y externo. Analítico, porque se hará análisis bivariado. Según su planificación de las mediciones es un estudio prospectivo porque las mediciones provienen de datos primarios. Según su medición la variable de estudio es transversal puesto que se midió en un solo momento.

3.1.1. Diseño de investigación

Es experimental verdadero o puro, porque tiene control interno y externo.

3.1.2. Nivel de la investigación

Explicativo, porque plantea la relación de causa efecto.

3.1.3. Línea de la investigación

Biomateriales.

3.1.4. Análisis estadístico

Los datos que se recopilaron se anotaron en una ficha ad hoc, confeccionado por el autor, posteriormente para el análisis estadístico se registraron en una hoja de cálculo Microsoft Excel 2019, acto seguido fueron introducidos a un programa SPSS versión 24. Para el análisis descriptivo se utilizó medidas de tendencia central y dispersión, como la media y la desviación estándar. Para el análisis inferencial, se evaluó si los datos presentan distribución normal, para ello se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y para evaluar la homogeneidad de varianzas se aplicará la prueba de homocedasticidad de Levene; a la luz de la obtención de ambos resultados para la contratación de la hipótesis, se decidirá la herramienta estadística.

Las diferencias serán consideradas estadísticamente significativas para $p < 0.05$, considerando un error tipo I.

3.2. Población y muestra

3.2.1. La población

Estuvo conformado por resinas compuestas de nanotecnología: Filtex Bulk Universal (3M) nanopartículas y tetric N Ceram Bulk Fill™ (Ivoclar Vivadent) nanohíbridadas.

3.2.2. En el diseño del marco muestral

Se hizo un muestreo probabilístico, con el método aleatorio simple sin reposición.

3.2.3. La muestra

Se realizó un estudio piloto para calcular el tamaño de muestra por grupo experimental, se tomó en cuenta las recomendaciones de la International Organization for Standardization de las características mecánicas de los materiales a base de polímeros (norma ISO 4049: 2019, E 384 de la ASTM) (ver anexo D) quien recomienda un mínimo de 5 bloques por grupo.

Se organizan los bloques de resina de nanotecnología de esta manera:

- GRUPO I (A): 08 bloques elaboradas con resina compuestas de nanotecnología Filtex Bulk Universal™ (nanopartículas) fotocurada con luz halógena con un tiempo de exposición de 20 segundos (control)
- GRUPO I (B): 08 bloques elaborados con resinas compuestas nanotecnología Filtex Bulk universal™ (nanopartículas) curadas con luz halógena con un tiempo de 40 segundos. (Control)
- GRUPO I (C): 08 bloques elaborados con resinas compuestas nanohíbridadas Tetric N Ceram Bulk Filtex™ fotocurada con luz halógena con un tiempo de exposición de 20 segundos
- GRUPO I (D): 08 bloques elaborados con resinas compuestas nanotecnología Tetric N Ceram Bulk Filtex™ fotocurada con luz halógena con un tiempo de exposición de 40 segundos.

- GRUPO II (A): 24 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Tetric N Ceram Bulk Filtex™ fotocurado con lámparas LED Polywave (Bluephase N®), con subgrupo de 08 por cada programa High Power, Soft start, Low Power de diferente longitud de onda con un tiempo de exposición de 10, 15, 10 segundos respectivamente.

- GRUPO II (B): 24 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Tetric N Ceram Bulk Filtex™ curado con lámparas LED Polywave (Bluephase N®), con subgrupo de 08 por cada programa High Power, Soft start, Low Power a un tiempo de exposición de 20, 30, 20 segundos respectivamente.

- GRUPO II (C): 24 bloques elaborados con resinas compuestas de nanopartículas Filtex Bulk fill Universal™ curado con lámparas LED Polywave (Bluephase N®), con subgrupo de 08 por cada programa High Power, Soft Power, Low Power a un tiempo de exposición de 10, 15, 10 segundos respectivamente.

- GRUPO II (D): 24 bloques elaborados con resinas compuestas de nanopartículas Filtex Bulk Fill Universal™ curado con lámparas LED Polywave (Bluephase N®), con subgrupos de 08 por cada programa High Power, Soft start, Low Power a un tiempo de exposición de 20, 30, 20 segundos respectivamente.

- GRUPO III (A): 08 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Tetric N Ceram Bulk Filtex™ curado con lámparas LED Monowave (Bluephase NM®), con un tiempo de exposición de 20 segundos.

- GRUPO III (B): 08 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Tetric N Ceram Bulk Filte™ curado con lámparas LED Monowave (Bluephase NM®), con un tiempo de exposición 40 segundos.

- GRUPO II (C): 08 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Filtek Bulk Fill Universal™ curado con lámparas LED Monowave (Bluephase NM®), con un tiempo de 20 segundos.

- GRUPO II (D): 08 bloques elaborados con resinas compuestas de nanotecnología Filtecx Bulk Fill Universal™ curado con unidades LED Monowave (Bluephase NM®), con un tiempo de 40 segundos.

3.2.4. Unidad de análisis

- Bloques de resina con nanotecnología color A2.

Filtecx Universal™ A2 lote: NE05659, 3M ESPE

Procedencia: Made in USA

- Bloques de resina con nanotecnología color A2

Tetric N Ceram Fill A2- Ivoclar Vivadent. Lote: Z044PS

Procedencia: principado Liechtenstein

3.2.5. Criterio de inclusión

- Discos de resina sin presencia de burbujas.
- Disco de resina con pulido superficial.

3.2.6. Criterios de exclusión

- Discos de resina con presencia de alguna alteración.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Variables dependientes

Microdureza superficial

3.3.2. Variable independiente

Técnica de Fotocurado:

- Monowave MN® (Bluephase, Ivoclar Vivadent, USA)
- Polywave N® (Bluephase, Ivoclar Vivadent, USA)
- Luz halógena (Ultra® –Lite 5 turbo Serie Nr. EB4407/2004 Taiwán)

3.3.3. Variable interviniente

Tiempo:

- Monowave: 1= 20 segundos, 2 = 40 segundos.
- Polywave:

High power: 1=10 segundos, 2= 20 segundos.

Soft start: 1= 15 segundos, 2= 30 segundos.

Low power: 1= 10 segundos, 2= 20 segundos.

- Luz Halógena: 1= 20 segundos, 2= 40 segundos.

3.3.4. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA Y MÉTODO	ESCALA DE MEDIDA	VALOR
INDEPENDIENTE Fotocurado de las resinas nanoparticulas con lámpara Monowave con diferente tiempo de exposición Nanoparticulas con luz LED Polywave, (High power,soft start, low polywave), con diferente tiempo de exposición segundos Fotocurado de las resinas nanohíbrida con lámpara Monowave con diferente tiempo de exposición Nanohíbrida con luz LED Polywave,	Reducción de rayado o arañazo en la superficie superior de las resinas nano híbridas y nanoparticula s usando diferentes fuentes de luz (Luz Halógena y LED de diferente longitud de onda Polywave N® Monowave	Método de difusión de polimerización de los bloques de resinas compuestas nanotecnología en la superficie superior.	Lámparas LED de diferente longitud de onda polywave = 1 Lámpas LED Mnoowave = 2		Longitud de onda	nm

(High power soft start,, low power (polywave), con diferente tiempo de exposición.	MN ®con diferente tiempo de exposición.					
<p>DEPENDIENTE</p> <p>Microdureza Superficial: Resistencia que presenta un material al ser penetrado en su superficie superior o inferior</p> <p>INTERVINIENTE</p> <p>Tiempo</p>	<p>Microdureza Superficial: Resistencia que presenta un material al ser penetrado en su superficie superior o inferior.</p> <p>Duración de la exposición de la intensidad de luz.</p>	<p>Medición de la Profundidad de rayado que produce el indentador en la superficie de los bloques de resina nanotecnología en kgf/mm.</p> <p>Período de fotopolimeración en segundos.</p>	<p>Observación directa. Micro durómetro ZHV: Ensayo de dureza Vickers Balanza analítica y Pie de Rey</p> <p>Cronometro de la unidad</p>	<p>Nivel: Explicativo Diseño: Experimenta l verdadero Tipo: experimental prospectivo, transversal, analítico,</p>	<p>Razón /continua</p> <p>Nominal</p>	<p>kgf/mm²</p> <p>Monowav e</p> <p>1 = 20 seg.</p> <p>2= 40 seg.</p> <p>Luz halógena</p> <p>1= 20seg.</p> <p>2= 40 seg</p> <p>Polywave (high Powere High</p> <p>1= 10seg.</p> <p>2= 20 seg.</p> <p>Polywave (soft start)</p>

						1= 15 seg 2 = 30 seg Polywave (low power) 1= 10 seg. 2= 20 seg.
--	--	--	--	--	--	---

3.4. Instrumentos

Microdurómetro ZHV®: digital para prueba Vickers modelo HV-1000 con identificación 8975. Calibrado (Ver anexo 05).

Microdurómetro ZHV®: es un instrumento que ejecutara la prueba de indentación, que se basa en presionar un indentador encima de la superficie dejando una huella en el composite de aspecto piramidal provocada al aplicar una carga sobre un material frágil, es de esta forma que se efectúa la prueba Vickers.

Vernier Caliper Digital®. De 15CX0.05mm. 6X1/128in procedencia Germany. Marca Chalimex. Para calcular el diámetro y el grosor de los bloques de resinas, balanza analítica® (Gramera-China) para controlar el peso de cada bloque.

Se utilizará unidades LED Polywave Bluephase N® Ivoclar Vivadent serie 1020012058 de diferente longitud de onda, y violeta (400-410) y luz azul (380-515), (Ivoclar Vivadent-Austria).

LED Monowave MN® Ivoclar Vivadent longitud de onda (430-490 nm) (Ivoclar Vivadent-Austria).

Halógena Ultra® –Lite 5 turbo Serie Nr. EB4407/2004® (Rolence Enterprise INC). Con longitud de onda (385- 515). (Taiwan).

Cada unidad de fotocuración fue calibrado con un radiómetro éter bluephase M II SERIE 1300001946® (Ivoclar Vivadent) para medir la intensidad lumínica antes de la confección de las muestras.

Fichas de tabulación de los resultados (Ver anexo C).

3.4.1. Método para la recolección de datos

Se usó la observación directa, para la recolección de datos de las resinas compuestas nanotecnología Filtek Bulk Fill Universal™ (nanoparticulada) y Tetric N Ceram Fill™ (nanohíbrida) con diferentes tiempos de fotocurado en segundos. Se utilizó el método doble ciego, el investigador y el estadístico que evaluó los resultados desconocían la estimación de los grupos.

3.4.2. Ficha de recolección de datos

La Ficha de tabulación de los resultados de la microdureza Vickers de la resina compuestas nanotecnología Filtek Universal™ (nanopartículas) y Tetric N Ceram Fill™ (nanohíbrida) (Ver anexo C).

3.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

Los instrumentos que se usaron tienen certificados de calibración MF-2018-011-INMELAB Ingeniería & metrología es el Durometro Digital marca Micro Vickers Modelo HV-100. Identificado 8975. (ver anexo 05).

3.5. Procedimientos

3.5.1. Lugar de estudio

Se confeccionaron los bloques de resina, en el laboratorio de operatoria dental de la UNFV. Los bloques de estudio tuvieron 8mm de diámetro y 2mm de espesor, se verificó sus medidas con un vernier o pie de rey Vernier Caliper Digital®, y su peso fue controlado con una balanza analítica Balanza analítica® (Gramera-China) de acuerdo al ISO 4049 del 2019. (Ver anexo D).

Laboratorio de Ciencias Materiales Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería. Se realizó la prueba de microdureza superficial conforme a las normas E 384 de la ASTM. (Ver anexo B).

3.5.2. Acondicionamiento de las lámparas lumínicas dentales

Se utilizaron una lámpara LED Polywave Bluephase N® Ivoclar Vivadent serie 1020012058 de diferente longitud de onda, y violeta (400-410) y luz azul (380-515 nm), (Ivoclar Vivadent-Austria) con sus programas High Power, Soft Star, Low Power.

LED Monowave MN® Ivoclar Vivadent longitud de onda (430-490 nm) (Ivoclar Vivadent-Austria).

Halógena Ultra® –Lite 5 turbo Serie Nr. EB4407/2004 (Rolence Enterprise INC). Con longitud de onda (385- 515 nm). (Taiwan) Cada lámpara fue calibrada con un radiómetro éter bluephase M IISERIE 1300001946 (Ivoclar Vivadent) para medir la intensidad lumínica antes de la confección de las muestras.

3.5.3. Preparación de los bloques de resina compuestas

Los bloques fueron preparados en una matriz de acero inoxidable, que se mandó a confeccionar de forma de poliedro que al unirse forman un cilindro de 2 mm de longitud interna y 8 mm de diámetro interno donde se inyecta la resina.

La confección de los bloques de resina se realizó en dos sesiones, en una habitación cerrada de 8x5m de perímetro a una temperatura de $23\pm 1^{\circ}$, con apoyo de una estufa de interior eléctrica (Imaco-China) ®. La temperatura será medida por un termómetro electrónico N°52J/K® (Fluke- alemán) se tendrá en consideración el registro de la humedad relativa siguiendo las normas ISO 4049 2019. (Ver anexo D). Se tomaron los registros de la temperatura obtenidos por el SENAMHI el día y hora de preparación.

Sobre una cartulina negra de 10x10cm (Escolar-Perú) se ubicaron una platina de vidrio y en la superficie una cinta celuloide stripe (Rite-Dent – USA). El orificio interior de la matriz debe estar en contacto con la cinta celuloide. Y sobre el orificio superior se colocó la resina en un solo incremento, el cual fue maniobrado con una paleta de resina TNPF IW3 (Hu-friedy-USA). Esta se cubrió con otra cinta celuloide y una platina de vidrio en la parte superior de la matriz, para conseguir un punto de soporte y aplicar presión digital y obtener una superficie plana y paralela a la base. La presión digital estuvo calibrada con anterioridad a la platina de vidrio a emplearse, se utilizó una balanza digital® (Gramera-China), para pesar, y verificar las medidas cada bloque de resina se usó el Vernier Caliper Digital®. De 15CX0.05mm. 6X1/128in procedencia Germany. Marca Chalimex a los bloques de las resinas compuestas nanotecnología este registro fue colocado en la ficha de recolección de datos (Ver anexo 02)

Antes de la presión digital se eliminará el exceso con un explorador N° 6 (Densply Maillefer-Suiza). Se uso un cronómetro digital® (EWTTO- China) para homogeneizar el tiempo de preparación de cada uno de los bloques, por la exposición de estos a la luz natural.

Se utilizará una solución vinilo de éter hexano para facilitar la extracción de la muestra según el ISO 4049 del 2019 (Ver anexo D).

3.5.4. Polimerización de los bloques de resinas compuestas

Después de haber finalizado el vaciado de la resina compuesta en la matriz de acero inoxidable, se retirará la platina de vidrio y fotopolimerizar con lámpara halógena Ultra Lite® 5 turbo Serie Nr. EB04407/2004 (Rolence Enterprise INC.) o la lámpara LED Bluephase Monowave NM®, Polywave N® de diferente longitud de onda, con su programación High Power, Soft start Low Power, (Ivoclar Vivadent) según sea el caso. A una distancia de 0.5 mm de la superficie superior del bloque de la resina a la punta de la fibra óptica de la lámpara. La polimerización se realizará al instante luego a ver finalizado el vaciado de la matriz de la resina. La polimerización se hará de modo individual con diferentes tiempos de exposición. Para cada resina.

3.5.5. Almacenamiento y codificación

Una vez obtenido los bloques de resina se seleccionaron 08 para cada grupo. Se codificarán la superficie superior de cada bloque. Así mismo se enumerará para reconocer al grupo que pertenece. La longitud del molde se examinará por un calibrador Vernier Digital®, altura de 2 mm y el diámetro de 8mm, para todos los bloques. Luego se procederá a pulir la superficie superior de los 160 bloques de resina compuesta con disco Sof-lex de ½ pulgada (3M ESPE). Siguiendo las recomendaciones del fabricante con la siguiente secuencia naranja, amarillo, blanco con un intervalo de 20 segundos para cada disco y con discos de caucho color verde, celeste, blanco; hasta alcanzar una superficie lisa y uniforme similar al brillo del espejo. El pulido se realiza para eliminar una probable capa inhibida que ocasionan deficiente dureza.

Después de realizar el pulido los bloques se almacenarán en agua desionizada a una temperatura de 37°C (temperatura que se asemeja a la de la cavidad bucal), en una estufa

(W30 Vor Offne Netzsker® (Alemania) en el laboratorio de Operatoria Dental durante 24 horas antes de iniciar los ensayos de microdureza a la que se someterán.

3.5.6. Prueba de dureza

Después del tiempo de almacenamiento indicado por norma ISO 4049: 2019 (ver anexo 03) se efectuará el análisis de dureza Vickers en el laboratorio Mecalabac S.A.C. Av. Lurigancho N° 1063, San Juan de Lurigancho Lima. Se realizará la prueba según las instrucciones y norma del Durómetro Digital® marca Micro Vickers Modelo HV-1000. Identificación 8975 con fecha de calibración (03-11-18) (ver anexo B) cuyo registro está conforme a las normas E-384 de la ASTM. (Ver anexo B). Este laboratorio es un anexo de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Cada bloque recibió tres indentaciones en puntos diversos bajo una carga de 0.1 Kgf por diez segundos, los datos de la microdureza superficial se determinará midiendo las diagonales de cada ranura.

Con un microscopio de 20x que es propio de la máquina de indentación se tomarán microfotografía de las indentaciones para ensayo de dureza Vicker, que se realizará en la superficie superior de las resina compuestas se registraron en micras, este valor se trasladara a una ficha de recolección de datos y después a un software que proporciona el fabricante del durómetro, por el cual se conseguirá de manera directa los datos de la dureza superficial de cada indentación revelada HV (Hardness Vickers). Los resultados de la microdureza que se obtuvieron fueron trasladados a una ficha elaborada para este estudio (Ver Anexo C) y luego a un software.

3.6. Análisis de datos

Los resultados conseguidos se analizaron mediante sistemas estadísticos con el paquete Stata V12 Copyright 1985-201. Se realizaron cálculos de media y desviación estándar, para determinar si es que hay diferencias significativas entre las medias de microdureza superficial

de los bloques de composites fotocuradas con luz emitida por diodos lámparas LED Polywave N® con sus programas (High Power, Soft start, Low power) Y LED Monowave NM®.

3.7. Consideraciones éticas

No existe compromiso de beneficio por los insumos que se usaron en la investigación tanto con las unidades de fotocurado y resinas compuestas. El costo de los materiales e insumos y unidad de fotocurado estará a cargo del investigador.

Se respeta los derechos reservados de los escritores de los artículos y texto citado según norma APA 7° Edición, se respetó el lineamiento decretado por la Universidad Nacional Federico Villarreal.

3.7.1. Aspecto de responsabilidad social y medio ambiente

Los materiales que se usarán en la investigación no perjudican al medio ambiente, estos son utilizados en tratamientos restauradores en los seres humanos.

Las Lámparas Polywave N®, (High Power, low power, soft start), de diferente longitud de onda, Monowave NM ® y Luz halógena® no tienen ningún efecto nocivo para el medio en que habitamos, se utiliza para fotopolimerizar a las resinas compuestas que se usan como material restaurador en los tratamientos dentales de los seres humanos.

Fichas de recolección de datos. Se confeccionaron fichas para la recolección de datos en un total de cinco (ver anexo C).

IV. RESULTADOS

La investigación tuvo como objetivo comparar la microdureza superficial que presentan las resinas compuestas (RC) de nanotecnología fotocurada con unidades LED con diferente longitud de onda y tiempo de exposición.

Tabla 1

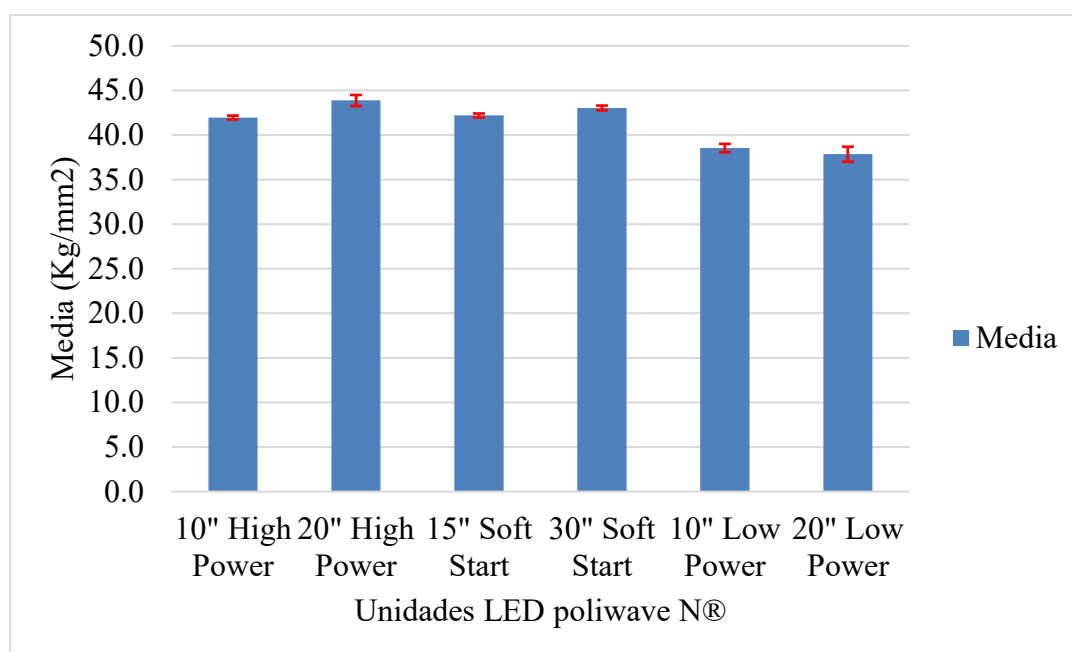
Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición

Resina Tetric N –							
Ceram	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
10" High Power	8	42.0	0.2	41.5	42.5	24.63	<0.05
20" High Power	8	43.9	0.6	42.4	45.3		
15" Soft Start	8	42.2	0.2	41.7	42.7		
30" Soft Start	8	43.0	0.3	42.4	43.7		
10" Low Power	8	38.5	0.5	37.4	39.6		
20" Low Power	8	37.9	0.8	35.9	39.8		
Total	48	41.2	0.4	40.5	42.0		

Nota. En la tabla 1 se observa el Test de Bonferroni, donde se encontró que los grupos 10" Low Power y 20" Low Power presentaron diferencias significativas con ambos grupos de High Power y Soft Start. Se encontró que existe diferencia significativa ($F= 24.63$, $P < 0.05$). La resina que presento una media mayor con respecto a la microdureza superficial fue a los 20" High Power y la que presentó una menor fue 20" Low power.

Figura 1

Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición



Nota. En la figura 1 se muestra que según el Test de Bonferroni: Se encontró que los grupos 10" Low Power y 20" Low Power presentaron diferencias significativas con ambos grupos de High Power y Soft Start.

Tabla 2

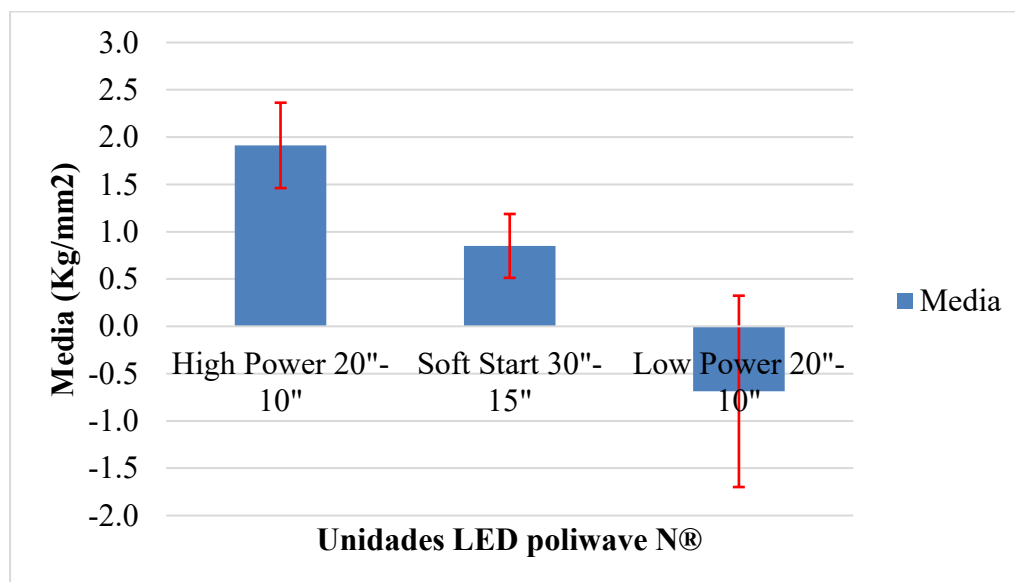
Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"- 10", Soft Start 30"-15", Low Power 20"-10"

Resina Tetric Ceram	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
High Power 20"-10"	8	1.9	0.5	0.8	3.0	3.82	<0.05
Soft Start 30"-15"	8	0.9	0.3	0.1	1.6		
Low Power 20"-10"	8	-0.7	1.0	-3.1	1.7		
Total	24	0.7	0.4	-0.2	1.6		

Nota. Se muestra que según el Test de Bonferroni: Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo High Power y Soft Star. La comparación de la microdureza superficial de la resina Tetric Ceram (High Power, Soft Start y Low Power) se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa ($F=3.82$, $P < 0.05$).

Figura 2

Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"- 10", Soft Start 30"-15", Low Power 20"-10"



Nota. En la figura 2 se muestra que según el Test de Bonferroni. Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de Hig Power y Soft Star. Y la que presento una menor microdureza fue 20" L

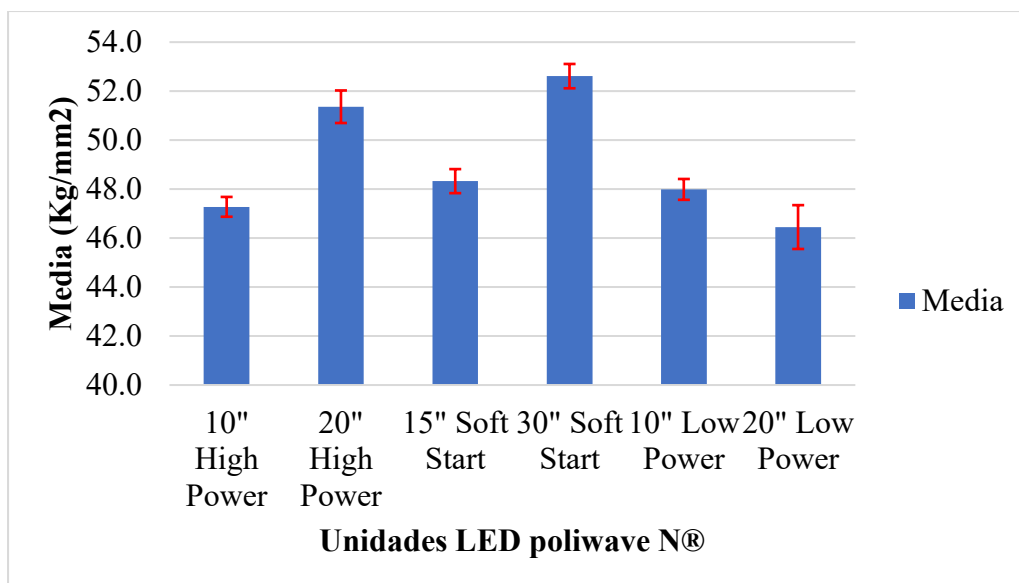
Tabla 3

Microdureza superficial media de la resina nanohíbridadas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos

Resina Filtex							
Universal	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
10" High Power	8	47.3	0.4	46.3	48.2	17.12	<0.05
20" High Power	8	51.4	0.7	49.8	52.9		
15" Soft Start	8	48.3	0.5	47.2	49.5		
30" Soft Start	8	52.6	0.5	51.4	53.8		
10" Low Power	8	48.0	0.4	47.0	49.0		
20" Low Power	8	46.5	0.9	44.3	48.6		
Total	48	49.0	0.4	48.2	49.8		

Figura 3

Microdureza superficial media de la resina nanohíbridadas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos



Nota. En la tabla 2 y figura 2 se muestra la comparación de la microdureza superficial entre la resina Filtex Universal, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre High Power, Soft Start, y Low Power ($F = 17.12$, $P < 0.05$). Mediante la prueba de anova una vía.

Tabla 4

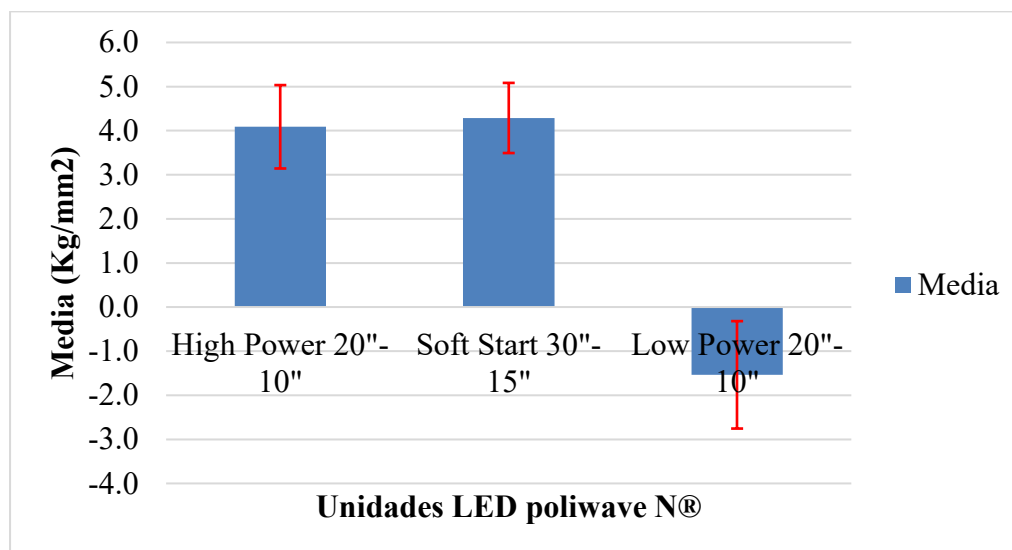
Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos

Resina Filtex							
Universal	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
High Power 20"-10"	8	4.1	0.9	1.9	6.3	3.82	<0.05
Soft Start 30"-15"	8	4.3	0.8	2.4	6.2		

Low Power 20"-10"	8	-1.5	1.2	-4.4	1.3
Total	24	2.3	0.8	0.6	3.9

Figura 4

Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos



Nota. En la tabla 2 y figura 2 se observa la comparación de la microdureza superficial de la resina nanohibrida Filtex Universal, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre la High Power, Soft Start ($F = 3.82$, $p < 0.05$) mediante la prueba de Anova una vía.

Tabla 5

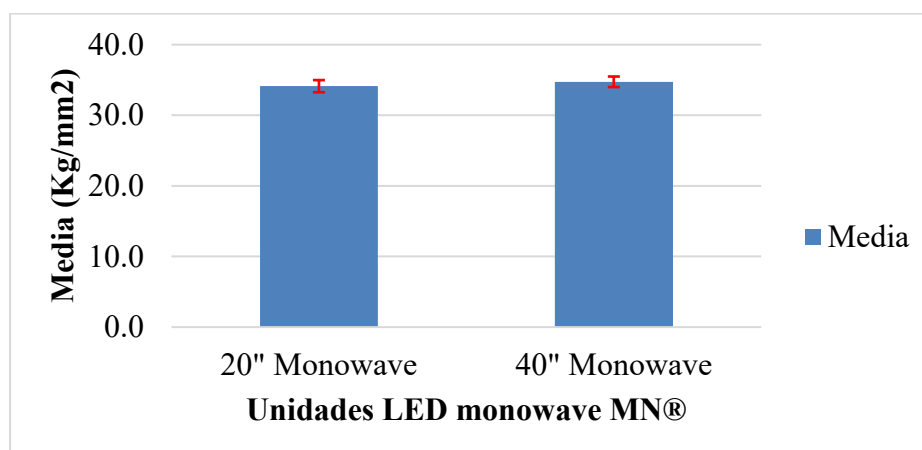
Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición

Resina Tetric							
Ceram	N	Media	E. E.	IC 95%		T	P
20" Monowave	9	34.1	0.9	32.1	36.1	-0.5997	>0.05
40" Monowave	9	34.7	0.7	33.0	36.5		
Diferencia	9	-0.6	1.0	-3.0	1.8		

Nota. En la tabla 3, al comparar la microdureza superficial de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre 20" Monowave y 40" (p >0.05), mediante la prueba de t de Estudent

Figura 5

Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición



Nota. En la figura 5 se muestra se muestra que la resina a los 20" Monowave presentó una media de 34.1 y la de 40" Monowave 34.7 con a la microdureza superficial.

Tabla 6

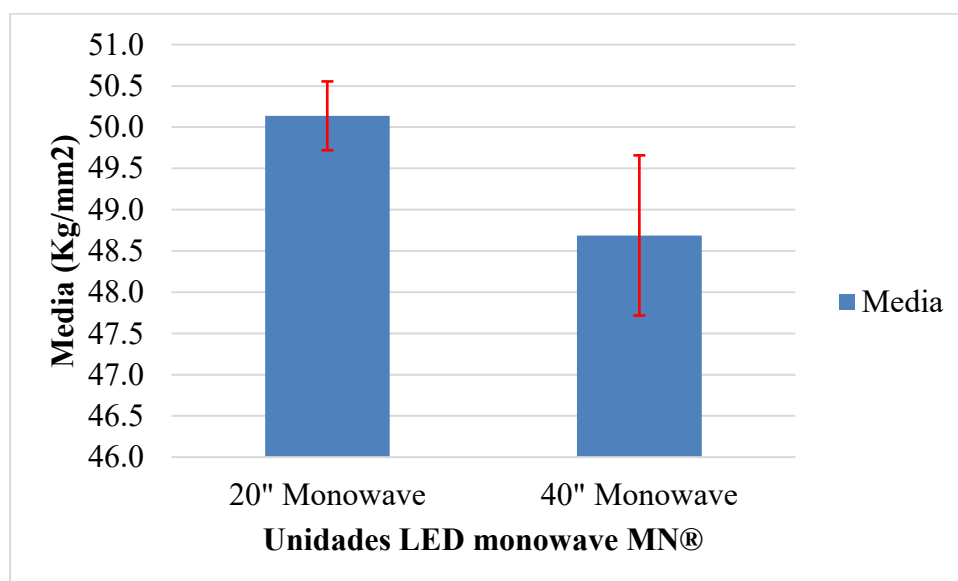
Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20" y 40" segundos) con diferentes tiempos de exposición

Resina Filtex							
Universal	N	Media	E. E.	IC 95%		T	P
20" Monowave	8	50.1	0.4	49.2	51.1	1.4297	>0.05
40" Monowave	8	48.7	1.0	46.4	51.0		
Diferencia	8	1.5	1.0	-0.9	3.8		

Nota. En la tabla 4 se muestra la comparación de la microdureza superficial de la resina nanohíbrida Filtex Universal™ no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre 20" Monowave y 40" Monowave ($p > 0.05$). Mediante la prueba de t de Student.

Figura 6

Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20" y 40" segundos) con diferentes tiempos de exposición



Nota. En la figura 4 se muestra se muestra que la resina a los 20" Monowave presentó una media de 50.8 y la de 40" Monowave 48.7 con a la microdureza superficial

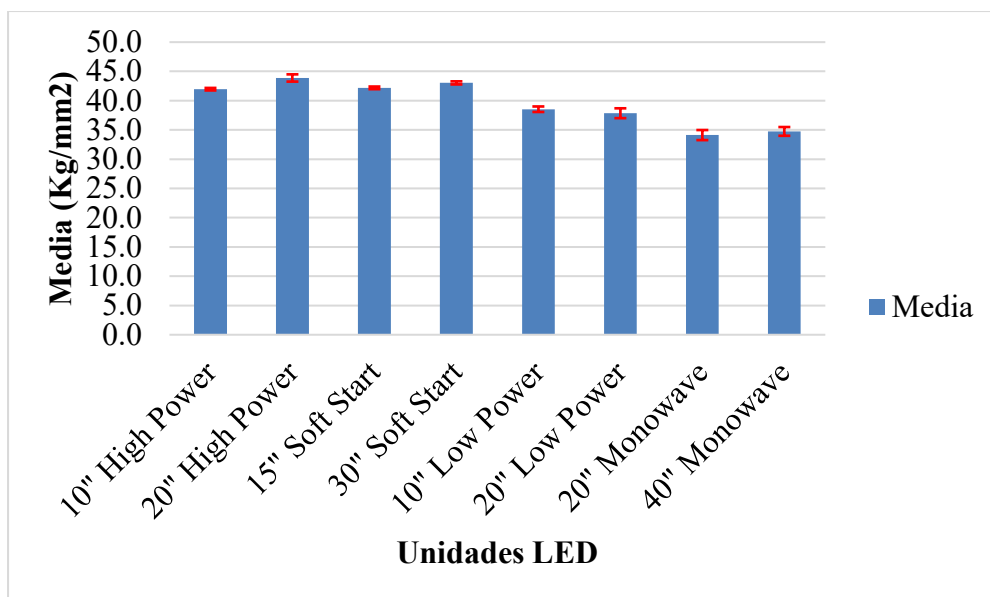
Tabla 7

Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada tetric n- ceram fotocuradas con unidades led poliwave N® con programas High Power (10'' y 20'') Soft Start (15'' y 30'') Low Power (10'' y 20'') comparadas con lámparas LED Monowave MN® (20'' y 40'') con diferente tiempo de exposición

Resina Tetric							
Ceram	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
10" High Power	8	42.0	0.2	41.5	42.5	40.00	<0.05
20" High Power	8	43.9	0.6	42.4	45.3		
15" Soft Start	8	42.2	0.2	41.7	42.7		
30" Soft Start	8	43.0	0.3	42.4	43.7		
10" Low Power	8	38.5	0.5	37.4	39.6		
20" Low Power	8	37.9	0.8	35.9	39.8		
20" Monowave	9	34.1	0.9	32.1	36.1		
40" Monowave	9	34.7	0.7	33.0	36.5		
Total	66	39.4	0.5	38.4	40.4		

Figura 7

Microdureza superficial media de la resina nanoparticulada tetric n- ceram fotocuradas con unidades led poliwave N® con programas High Power (10'' y 20'') Soft Start (15'' y 30'') Low Power (10'' y 20'') comparadas con lámparas LED Monowave MN® (20'' y 40'') con diferente tiempo de exposición



Nota. En la tabla 5 y figura 5 se muestra la comparación de la microdureza superficial de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre High Power, Soft Start, Low Power, 20" Monowave y 40" Monowave ($F=40.00$ $P<0.05$. Mediante la prueba de t de Student.

Tabla 8

Microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística Hihg Power (20" - 10"), Soft Start (30"-15"), Low Power (20"-10") Monowave (40" - 20")

Resina Tetric Ceram	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
High Power 20"-10"	8	1.9	0.5	0.8	3.0	1.73	>0.05
Soft Start 30"-15"	8	0.9	0.3	0.1	1.6		
Low Power 20"-10"	8	-0.7	1.0	-3.1	1.7		
Monowave 40"-20"	9	0.6	1.0	-1.8	3.0		
Total	33	0.7	0.4	-0.2	1.5		

Nota. En la tabla 5 se muestra la comparación de la microdureza de la resina nanoparticulada Tetric N- Ceram se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre High Power, 20"-10", Soft Start 30"-15", Low Power 20" 10" Monowave 40"- 20" ($F_{1.73} p > 0.05$) mediante la prueba de Anova

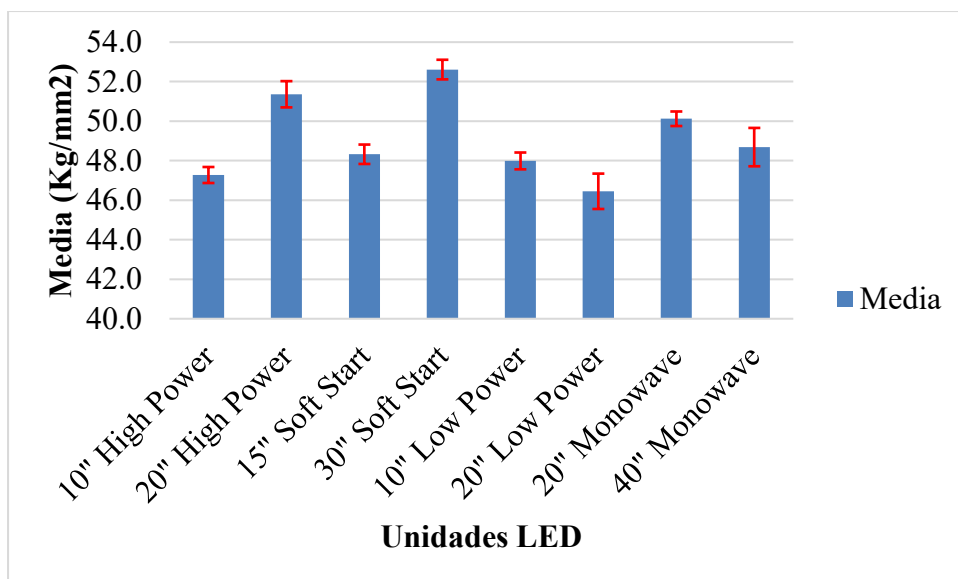
Tabla 9

Comparación de Microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwaveN® con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave MN® (20" y 40")

Resina	Filtex						
Universal	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
10" High Power	8	47.3	0.4	46.3	48.2	11.3	<0.05
20" High Power	8	51.4	0.7	49.8	52.9		
15" Soft Start	8	48.3	0.5	47.2	49.5		
30" Soft Start	8	52.6	0.5	51.4	53.8		
10" Low Power	8	48.0	0.4	47.0	49.0		
20" Low Power	8	46.5	0.9	44.3	48.6		
20" Monowave	9	50.1	0.4	49.3	51.0		
40" Monowave	8	48.7	1.0	46.4	51.0		
Total	65	49.1	0.3	48.5	49.8		

Figura 8

Microdureza superficial media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwave N® con programas high power (10" y 20") Soft Start (15" y 30") Low Power (10" y 20") y unidad Monowave MN® (20" y 40")



Nota. En la tabla 6 y figura 6 se muestra la comparación de la microdureza superficial de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre High Power, Soft Start, Low Power, Monowave ($F = 11.3p < 0.05$) mediante la prueba de Anova una vía.

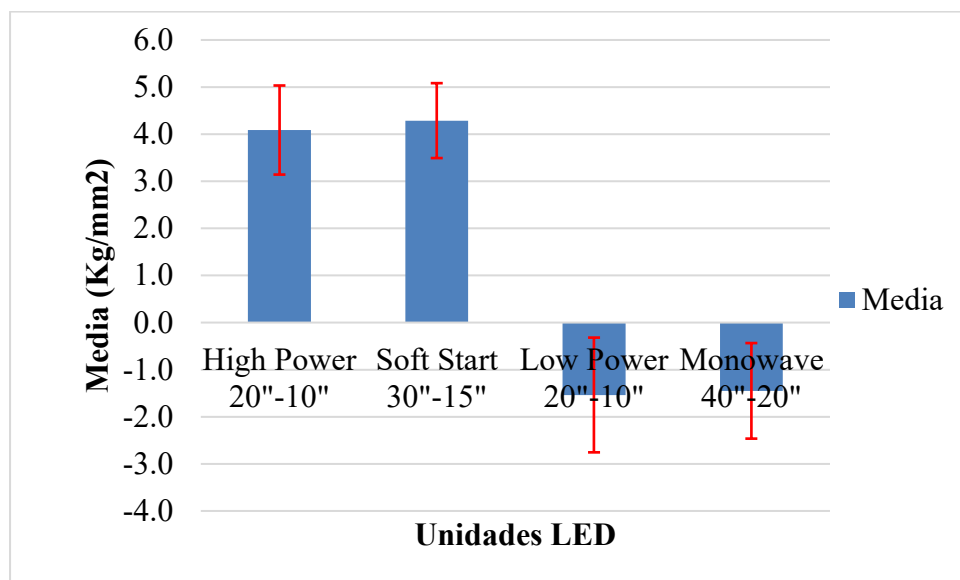
Tabla 10

Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave MN® (20" y 40")

Resina Filtex							
Universal	N	Media	E. E.	IC 95%		F	P
High Power 20"-10"	8	4.1	0.9	1.9	6.3	10.66	<0.05
Soft Start 30"-15"	8	4.3	0.8	2.4	6.2		
Low Power 20"-10"	8	-1.5	1.2	-4.4	1.3		
Monowave 40"-20"	8	-1.5	1.0	-3.8	0.9		
Total	32	1.3	0.7	-0.1	2.8		

Figura 9

Diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave MN® (20" y 40")



Nota. En la tabla 10 y figura 10 se observa la comparación de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre High Power, Soft Start, Low Power, Monowave ($F = 10.66$; $p < 0.05$) mediante la prueba de Anova una vía.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar. In Vitro la propiedad mecánica de Microdureza superficial de dos resinas nanotecnología, Tetric Ceram™ y la Filtek Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) en comparación con la unidad LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición.

Motivo por el cual se analizó la microdureza superficial in vitro de las resinas de nanotecnología, que es una de las propiedades mecánica más indicada para evaluar el grado de polimerización, el buen funcionamiento de la unidad de fotocurado, con diferentes tiempo de exposición en segundos, y observar si es que existe diferencia significativa entre ellas, se utilizó unidades de fotocurado de diferentes longitud de onda LED Polywave, (Bluephase N®) con sus diferentes programas como High Power con intensidad de luz de 1200 mW/cm² , Polywave, Soft start con intensidad de luz de 650 mW/cm² a 1200 mW/cm², Polywave Low power con intensidad de luz de 650 mW/cm². Polywave luz azul (440-460 nm) y otra violeta (400-410 nm) y LED Monowave (BluephaseMNC®) que poseen diodos emisores solo el rango de la luz azul (420-495 nm). Intensidad de luz de 800 Mw/cm². La

En la investigación, el instrumento utilizado fue el durómetro para la medición de la muestra la prueba Vicker, siendo su unidad de medida Kg/mm² se realizaron tres indentaciones en la superficie de los bloques de resina

Los resultados del presente trabajo demostraron que si existen diferencias significativas. La resina compuesta Tetric Ceram™ nanopartículas se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa y que en los grupos con el programa Low Power (10 y 20" segundos), presentan diferencias estadísticamente significativas con los grupos con el programa High Power (10 y 20 segundos) y Soft Start (15 y 30 segundos).

Con la resina compuesta Filtex Universal™. Al comparar la microdureza superficial se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre los programas la High Power, soft start y low power.

De Cássia et al. (2020) y Davidson & Felizer (1997) evaluó el efecto de extender la duración de la exposición de curado, se expusieron a la luz de curado durante el período de tiempo aconsejado por el fabricante y el doble de ese tiempo. Los resultados sugieren que extender la duración de la foto polimerización aumenta la microdureza superficial cuando se incrementa el tiempo de exposición (20 a 40 segundos). Lo que coincide con los resultados de la investigación obtenidos con la unidad Polywave® con el programa High Power y Soft Start

Swezing et al. (2020) concluye que existe una relación entre los grados de conversión y la microdureza de las resinas compuestas. Lo que coincide con nuestros resultados es que cuando se incrementa el tiempo de curado se obtiene mayor grado de conversión y mejor microdureza superficial y profunda.

Gutiérrez et al. (2020) en Perú comparación de la profundidad de tres resinas compuestas Bulk Fill utilizando dos unidades de foto activación LED (polywave y monowave) Conclusión. La unidad de fotoactivación LED de tecnología monowave produjo mayor profundidad de polimerización que la de tecnología polywave, independientemente de la resina compuesta bulk fill utilizada. Las resinas compuestas tuvieron diferentes valores de profundidad de polimerización. Estos resultados no concuerdan con los resultados obtenidos en la investigación el mejor desempeño lo obtuvo la lámpara Polywave con sus programas High Power y Soft Start se puede deber al tiempo que se uso en la polimerizacion o a la formulación de la la resina, en ambos programas fue de 1200 Mw/cm² fotocurado con 10 Hihg power, y con 15 segundos, Soft star. La monowave es de 800 Mw/cm². Fotocurado con 20 segundos

Par et al. (2019) Realizaron estudio in vitro el efecto de la foto polimerización rápida de alta intensidad de luz sobre las características mecánicas. En esta investigación comparó el efecto de la fotopolimerización de alta potencia de luz (3440 mw/cm^2) y la foto polimerización convencional con una potencia de luz (1340 mw/cm^2) sobre la propiedad mecánica de los compuestos de resina convencionales dos compuestos específicamente confeccionados para el curado de alta densidad. Los resultados de la transmitancia de luz variaron de acuerdo a la longitud de onda y el tiempo, mostrando patrones significativamente diferentes entre los materiales probados. La fotoactivación de las resinas compuestas que tiene como iniciador a la canforquinona, se identificó una mayor viabilidad en la transmitancia de luz entre los materiales compuestos. En la investigación se demostró que los valores de microdureza fue para la resina Filtex Universal. TM Porque su iniciador es a base de canforoquinona, la TetricN CeramTM.

Giacomo et al. (2018), evaluaron in vitro consecuencia de usar Polywave® o Monowave®. El objetivo es determinar las variaciones de la dureza observado DC. Se concluye que las tres lámparas investigadas garantizan un $DC \geq 50\%$ las propiedades mecánicas no se correlacionaron con DC solo. Para mejorar la calidad de las restauraciones dentales compuestas no solo depende del sistema iniciador del fotocurado sino de la educación e instructivos que se debe dar al paciente. Y de formulación del material (carga de relleno, y, posiblemente al tamaño de la carga). Los resultados obtenidos en la investigación están de acuerdo que la microdureza que no solo depende del grado de conversión, el tiempo de exposición de curado de la composición de la resina compuesta sino de los factores ya mencionados por Giacomo.

Naranjo-Pizango et al. (2017), generar evidencia científica para lograr resultados clínicos con mayor longevidad en su conclusión Las resinas elegidas deben ser apropiadas para los dientes de acuerdo a su función que cumplen en la cavidad bucal, y la técnica necesaria

para brindar un mejor resultado clínico. Se observó la diferencia de microdureza de resinas convencionales al polimerizarse con diferentes tipos de luz. La mayor dureza se obtuvo con la resina Filtek Supreme XT, utilizando la unidad de fotocurado Optilux® 501 con rampa y posicionada con un procedimiento incremental. En los resultados obtenidos en la investigación el programa Soft Start (rampa) obtuvo mejor desempeño lo que coincide con el trabajo de Naranjo.

Militec et al. (2017), fue determinar la correlación con el grado de conversión (DC) con la dureza Vickers (VH) y se halló una relación lineal positiva entre DC y VH para superficie inferior y superior de los bloques. Se concluyó en que las resinas compuestas Bulk Fill™ Fluidas utilizando una alta intensidad de unidad LED.

Ruan et al. (2009), “indican que a mayor tiempo de exposición mejoran sus propiedades mecánicas.” Los resultados de la investigación corroboran lo dicho por Ruan.

Ulhoa et al. (2007), evaluaron la influencia del tiempo de polimerización sobre la microdureza de las resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas LED y lámpara de luz halógenas. Con tiempo de exposición de 10, 20 y 40 segundos no se pudo encontrar diferencia estadística entre los especímenes evaluados. Lo que coincide con la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Tetric N- Ceram™ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la 20” Monowave® y 40” polimerizada con unidades LED Monowave. En la comparación de la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtek Universal™ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la 20” Monowave® y 40”.

Se encontró que los grupos polimerizado con el programa 10” Low Power y 20” Low Power presentan diferencias estadísticamente significativas con ambos grupos polimerizado con los programas High Power con 10” y 20” con y Soft Start, con 15” y 30”. Esto se debe a que la intensidad de luz de fotocurado del programa Low Power es de 650 mW/cm², la de High Power es 1200mW/cm² y Soft Start es de 650 y sube a 1200 mW/cm² siendo su longitud de

onda (440-460 nm). Nanohíbridas Tetric N- Ceram™ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la 20" Monowave y 40" Monowave, intensidad de luz es de 800mW/cm longitud de onda (420-495 nm). Nanohíbridas Filtek Universal™ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la 20" Monowave y 40" Monowave intensidad de luz es de 800mW/cm² se puede confirmar que es muy importante la intensidad de luz en la polimerización de las resinas compuestas en el DC. De monómero a polímero.

Las limitaciones. El investigador tiene que solventar la parte económica, como los insumos, las pruebas mecánicas, que realiza en laboratorios externos, porque la universidad no cuenta con los instrumentos para realizar las pruebas. Mandar a confeccionar el molde a un tornero con las medidas exacta de acuerdo a Iso 4049 para confeccionar las probetas o muestras.

Este trabajo de investigación es importante porque da evidencia del comportamiento de las propiedades mecánicas en especial la microdureza superficial que es un indicador de la longevidad de diente restaurado, se observó el comportamiento de las unidades de curado, con su intensidad de luz, longitud de onda y que el grado de conversión de monómero a polímero es muy importante, al aumentar el tiempo de exposición mejoró las propiedades mecánicas se debe considerar la composición de la resina compuesta como su iniciador, saturación, color cuando va a ser polimerizada, y las recomendaciones que se da al paciente para que sus dientes restaurados tengan mayor longevidad.

VI. CONCLUSIONES

6.1. En los bloques de resinas de nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocurados con unidades LED polywave N®, los grupos en los que se aplicó los programas de High Power durante 20 segundos y Soft Start durante 30 segundos presentaron mayor microdureza significativa.

6.2. En los bloques de resinas de nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocurados con unidades LED polywave N®, la diferencia de la microdureza superficial generada por los programas High Power de 20 y 10 segundos es mayor en comparación a los demás grupos.

6.3. En los bloques de resinas de nanopartículas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, los grupos en los que se aplicó los programas de High Power durante 20 segundos y Soft Start durante 30 segundos presentaron mayor microdureza significativa.

6.4. En los bloques de resinas de nanopartículas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, la diferencia de la microdureza superficial generada por los programas Soft Start de 20 y 10 segundos es mayor en comparación a los demás grupos.

6.5. No se encontraron diferencias significativas en la microdureza de los bloques de resinas de nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® durante 20 y 40 segundos.

6.6. No se encontraron diferencias entre las resinas nanopartículas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED Monowave MN® fotocuradas con unidades LED monowave MN® durante 20 y 40 segundos.

6.7. En los bloques de resinas de nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocurados con unidades LED polywave N® obtienen mayores valores en la microdureza que los bloques de resinas fotocurados con LED Monowave MN®.

6.8. En los bloques de resinas de nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocurados con unidades LED polywave N®, la diferencia de la microdureza superficial generada por los programas High Power y Soft Start presentan mayores valores que la diferencia generada por el fotocurado con unidad LED monowave MN®.

6.9. En los bloques de resinas de nanopartículas Filtex Universal™ fotocurados con unidades LED polywave N® solo los programas High Power durante 20 segundos y Soft Start durante 30 segundos obtienen mayores valores en la microdureza que los bloques de resinas fotocurados con LED Monowave MN®.

6.10. En los bloques de resinas de nanopartículas Filtex Universal™, la diferencia de la microdureza superficial generada por los programas High Power y Soft Start de la unidad LED polywave N® presentan mayores valores que la diferencia generada por el fotocurado del programa Low Power de la unidad LED polywave N® y la diferencia generada por la unidad LED monowave MN®.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda la formación de un centro de investigación en la universidad que tengan los instrumentos (Micro durómetro, termociclador, Microfotografía electrónica de barrido, Máquina Universal y otros) necesarios para realizar las pruebas mecánicas de las muestras, como Microdureza, Resistencia a la Compresión, Sellado Marginal, resistencia al cizallamiento, resistencia a la tracción, microfiltración, módulo de elasticidad y otros.

7.2. Se recomienda hacer estudios de Microdureza utilizando diferentes unidades de polimerización con intensidad de luz desde los 650 mW/cm² a los 3200 mW/cm², usar la técnica Soft Start (técnica rampa) para observar cuál de estas intensidades de luz es más eficiente.

7.3. Realizar convenio con las casas dentales para que proporcionen los insumos de resinas compuestas, adhesivos, fresas, brackets, cemento de ionómero, sus unidades LED Y SU ambiente de laboratorio. Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación no deben tener ni un compromiso con los laboratorios que nos facilitaron los insumos.

VIII. REFERENCIAS

- Ada Council on Scientific Affairs. (2003). Direct and indirect restorative materials. *The Journal of the American Dental Association*, 134(4), 463-472.
- Aung, S., Tomohiro Takagaki,T., Masaomi, k., Kosuke Nozaki, M., Burrow, A., Toru, N. & Junji, T. (2020). Influencia de diferentes lámparas de fotopolimerización sobre la microdureza Vickers y el grado de conversión de los compuestos de resina fluida. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-353>
- Albers, H. (1988). Odontología Estética: Selección y colocación de materiales. Botoxina. (1ra Ed.). Labor.
- Antonucci, J., Dickens, S., Fowler, B., Xu, H. & McDonough, W. (2003). Chemistry of Silanes Interfaces in Dental Polymers and Composites. *J Res Natl Inst Stand Technol.*, 110(5), 541–558, https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=852197
- Antonucci, JM., Dickens, SH. Fowler BO, Xu, HH. & McDonough, WG. (2005). Chemistry of Silanes: Interfaces in Dental Polymers and Composites. *J Res Natl Inst Stand Technol.*, 110(5):541-58. <https://doi.org/10.6028/jres.110.081>.
- Anusavice, K., & Phillips. (2004). *Ciencia de los materialrs dentales* (11ma ed.). Elsevier.
- Anusavice, K.J., Chiayi, S., Rawls, H.R., & Phillips. (2013). *Science of dental materials*. (13Th Ed.). Elsevier Inc.
- Bayne, S.C. (2000) Our future in restaurative dental materials, N° (6), 687-701: .Esthetdent: 2000 ;12 (4): 175 - 83
- Bayne, S.C., Heymann H.O., & Swift E.J. (2004). Esthetic and Restorative Dentistry. *J Am Dent Assoc*; 125, 687-701. Fahl N Jr, Denehy GE, Jackson RD. Protocolo Journal of Esthetic and Restorative Dentist.<https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2004.TB00038.X>

- BuenasTareas.com. (2012). Lámparas de fotocurado.
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Lamparas-De-Fotocurado/4758649.html>
- Bluphase® LED. (2008). Para todos los usos. Disponible en el Cd –rom Seminario Internacional Ivoclar Vivadent.
- Braga, R., Ballester, R. & Ferracane, J. (2005). Factor Involved in the development of polymerization shrinkage stress in composite: a systematic revise. *Dent Mater*, (21), 962-970. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.018>
- Bowen, R. (1963). Properties of silica reinforced polymer for dental restoration. *J. Am Dent Assoc.* 66(2), 57-64. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1963.0010>.
- Combe, E.C. & Burke, F.J. (2000). Contemporary resin-based composite materials for direct placement restorations: packables, flowables and others. *Dent Update.* 27(7), 326-32, <https://doi.org/10.12968/denu.2000.27.7.326>.
- Comité Europeo de Normalización. (2018). Normas europeas en Iso 4049: Materiales de restauración a base de polímeros. Swedish Standard Institute.
<https://www.laboratuar.com/testler/malzeme-testleri>
- Craig, R. (1995). Effect of fillers on cheira dispersability by monomer system. *J. Oral Rehabil.* (22), 183-189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1995.tb01562.x>
- Chain, M., Camargo, C., Andriano, O., Alves, R. & Nogueira, E. (2002). *Dominando los despejos y controlando las expectativas en estética*. Editorial Arte y Ciencia Médica Latinoamericana.
- Chain, M. & Baratieri, L. (2001). *Restauraciones estéticas directas en dientes posteriores*. Ed. Artes Médicas.
- Dacosta, F., Roeder, L., Ferracané, J., Paravina, R.D. & Mazur, R.F. (2007). The effect of different polishing systems on Surface roughness and gloss of composites. *J Esthet Restor Dent*, 19(4), 214- 24. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00104.x>

- Davidson, C. & Felizer, A. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restorative. *J Dent.* 25 (6), 435-40. [https://doi.org/10.1016 / s0300-5712 \(96\) 00063-2](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00063-2)
- Deborah, S. (2000). The physical proprieties of packable and conventional posterior resin based composites: A Comparison. *JADA*, 131, 1610-1615 <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0091>
- Dunn, W.J. & Bush, A.C. (2002). A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *J Am Dent Assoc.*, 133(3), 335-41. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2002.0173>. PMID: 11934189.
- Fadul., J. R., Molina, C.A., Yañez, E.A & Luna, L.E. (2008). Profundidad de curado de resina con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED. *Universitas Odontologicas*, 27(59), 15-22.
- Ferracane, J., Condon, J. & Suh, B. (1992). Effect of filler on degree of conversión (DC) of resin. *J Dent* .72(4), 598. <https://doi.org/10.1002/JBM.820200111>
- Fortin, D. & Vargas, M. (2000). The spectrum of composites: new techniques and materials. *Dent Assoc.*, 131(1), 26-37. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0399>
- Fong, H., Dickens, S. & Flaim, G. (2005). Evaluation of dental restorative composites containing polyhedral oligomeric silsesquioxane methacrylate. *Dent Mater.* 21(6), 520-9. [https://doi.org/10.1016 /j.dental.2004.08.003](https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.08.003).
- Gagliani, M., Fandini, L. & Ritmann, J.M. (2002). Depth of cure efficacy of high-power curing device vs traditional halógena lamp. *J Adhes Dent.*, 4(1), 41-7.
- Garrofé, A., Martucci, D. & Picca, M. (2014). Adhesión a tejidos dentarios. *Revista de la facultad de odontología UBA*, 29(67), 5-13.

- Gan, J. K., Yap, A. U., Cheong, J. W., Arista, N., & Tan, C. (2018). Bulk-Fill Composites: Effectiveness of Cure With Poly- and Monowave Curing Lights and Modes. *Operative dentistry*, 43(2), 136–143. <https://doi.org/10.2341/16-304-L>
- Giacomo, D., Michele, V., & Ceseracciu, L. (2018). Efecto de usar Polywave y Monowave unidad LED para el fotocurado diferentes rellenos de resina. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), 41-48. <https://doi.org/10.1111/jerd.12146>
- Gladys, S., Van., Meetbeek, B., Braem, M., Lambrechts, P., & Vánele, G. (1997). Comparative physicommechanical characterization of new hybrid restorative material with conventional glass-ionomer and resin composite restaurative materials. *J Dent Res.* (76), 883-94.
- Hasegawa, T., Yukitani, W., Itoh, Wakumoto S., & Hisamitsu, H. (2001). Effects of Soft start irradiation on the depth of cure and marginal adaptation to dentin. *Oper Dent*, 26(4), 389-95.
- Hammond, C. (2018). Tener los dientes blancos no significa necesariamente que estén sano. BBC Future. <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-42497485>
- Irie, M., Tjandrawinata, R., & Susuki, K. (2003). Effect of diluye polishing periods on interfacial gap formation of class V restauration. *Toper Dent*, 28(5), 552- 59.
- Jain, P., & Pershing, A. (2003). Depth of cure and microleakage with high-intensity and ramped resin-based composite curing lights. *Journal of the American Dental Association* (1939), 134(9), 1215–1223. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0356>
- Janda, R., Roulet, J.F., Kaminsky, M., Stefin, G. & Latta, M. (2004). Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European Journal of Oral Sciences*, (112), 280-285. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00125.x>

- Kerr. (2017). Premise. Composite para obturaciones dentales. <https://www.kerrdental.com/restauración-dental/premise-composite-para-obturación-dental#buy>.
- Kuljs, R., Fennis, W., Kreulen, C., Barink, M., & Verdonshot, N. (2003). Does Layering Minimize Shrinkage Stress in composite Restorations. *J. Dent. Res*, 82(12), 967-971 <https://doi.org/10.1177/154405910308201206>
- Kim, K.H., & Ong, J.L.O. (2002). The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *J Prosthet Dent*, (87), 642-9 <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.125179>
- Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., & Vanherle, G. (1998). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Journal of Dental Research*, 15(2), 128-137. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(99\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(99)00022-6)
- Lazzetti, G., Burgess, J.O., & Gardines, D. (2001) Selected mechanical properties of fluoride-releasing restorative materials. *Oper Dent*, (26), 21-6. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1999.tb00529.x>.
- Lanag, B., Jaarda, M., & Wang, R. (1992). Filler particle size and composite resin classification systems. *J Oral Rehabil*, (19), 568-584.
- Leinfelder, K., & Broome, J. (1994). In vitro and in vivo evaluation of new universal composite resin. *J Esthet Dent*, (6), 177-183. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240>.
- Lutz, F., & Phillips, R. A. (1983). Classification and evaluation of composite resin system. *J Prosthet Dent*, 50 (4), 480-8. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90566-8](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90566-8)
- Mahn, E. (2014). *Las restauraciones en bloques, un cambio de paradigmas*. Dental Tribune Hispania. <https://la.dental-tribune.com/news/las-restauraciones-en-bloque-un-cambio-de-paradigma/>

- Manhar, T. J., Kunzelmann, K.H., Chen, H.Y., & Kickel, R. (2000). Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater*, (16), 33-40
[https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(99\)00082-2](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(99)00082-2)
- Militec, P., De Munck, J., Brooks, N; & Van Meerbeek, B. (2017). Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composite. *Clinical Oral Investigations*, 21, 1201-1212. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1894-0>
- Millar, B.J., & Nicholson, J.W. (2001). Effect of curing with a plasma light on the properties of polymerizable dental restorative materials. *J Oral Rehabil.*, 28(6), 549-52.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00693>
- Miyasaka, T. (2001). Effects of shape and size of silanated fillers on mechanical properties of experimental photo cure composite resins. *J Dent materials*, (15), 98-110.
<https://doi.org/10.4012/DMJ.15.98>
- Montes, M.A., De Goes, M.F., Bernardino; Da Cunha, M.R., & Soares, A.B. A. (2001). Morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. *J Dent*, (29), 435-41
[https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(01\)00037-9](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(01)00037-9)
- Morgan, M. (2004). Finishing of direct posterior resin restorations Pract Proced. *Aesther Dent.*, 16(3), 211-7.
- Morgan, M. (2004). Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD.*, 16(3), 211-7.
- McCabe, J. F., & Kagi, S. (1991). Mechanical properties of a composite inlay material following post-curing. *British dental journal*, 171(8), 246–248.
<https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4807685>

- Nevárez, A. (2010). *Microdureza de tres tipos de composite fopolimerizado con luz Halógena y por diodo emisión de luz*. [Tesis doctoral, Univ. Granada. Departamento de Estomatología]. <http://hdl.handle.net/10481/1474>
- O'Brien, W.J., Johnston, W.M., Fanian, F., & Lambert, S. (2004). The Surface roughness and gloss of composites. *J Dent Res.*, 1984; 63(5), 685-8.
- Paravina, R.D., Roed, L.U. H., Vogel, K., & Powers, JM. (2004). Effect of finishing and polishing procedures on Surface roughness, gloos and color of resin-based composites. *Am J Dent*, 17(4), 2.
- Par, M. D; Marovic, T., & Taubock. (2019). El efecto de la foto polimerización rápida de Alta intensidad de Luz sobre las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de resinas convencionales y de relleno masivo. *Sci Rep* 10, 10560(2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67641-y>
- Park, S., Krejci, I., & Lutz, F. (2010). Harnees of celluloid strp-finished or polished composite Surface with time. *J prosther Dent*, 83(6), 660-3.
- Phillips, R., Avery, D., Mahram, R., Swatz, M., & McCone, R. (2010). Observations on a composite resin for class II restorations: three-years report. *J. Prost. Dent*, 30(6), 891-897.
- Porto, I. C., Soares, L.E., Martin, A.A., Cavalli, V; & Lporoni, P.C. (2010). Influence of the photoinitiator system and light phoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Odontologia Restauradora*, 24(4), 475-481.
- Razona, J. (2017). *Odontología restauradora*. Gaceta dental. www.monografias.com/trabajos78/nanotecnologia-aplicada-odontologia-restauradora2.shtml.
- Roder, LB., Tate, WH., & Power, J.M. (2000). Effect of finishing and polishing procedure on the Surface roughness of packable composites. *Oper Dent*, 25(6), 534-43.

- Rodríguez, D., & Pereira, N. (2008). Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), 381-392.
- Rovira, M. (2006). *Lámparas de fotopolimerización: Estado actual*. Rev. Oper Dent Endod. http://www.infomed.es/rode/index.php?option=com_content&task=view&id=67&Itemid=32
- Rovira, M. (2015). *Lámparas de fotopolimerización: estado actual*. Rev Oper Endod. <http://www.infomed.es/rode/index.php?option=view&id=67&Item>.
- Ruan, J., Osnara, A., & Mongruel, G. (2009). Microdureza de la superficie y la profunda de dos resinas compuestas polimerización con lámparas de diodos (LED) y una lámpara incandescente (halógena) con diferente tiempo de polimerización de 20,40, 60 segundos.
- Rueggeberg, F., Caughman, W., Curtis, J., & David, H. (1993). Factor's affecting cure at depths within light activated resin composite. *Am J. Dent*, 91-95.
- Sabbagh, J., Vreven, J., & Leloup, G. (2002). Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials. *Dent Mater*, 64 -71.
- Sabah, J., Ryelandt, L., Bachérius, L., Biebuyck, J., Vreven, J., Lambrechts, P., & Leloup, G. (2004). Characterization of the inorganic fraction of resin composite. *Journal of Oral Rehabilitation*., 31, 1090-1101.
- Salas, Y., & Lozano, F. (2014). Estudio In Vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilatos y Silorano Perú. *Kiru*, 11(1), 69-73. <https://pesquisa.bvsalud.org/gim/resource/lil-780300>
- Salgado, V. E., Borba, M.M., Cavalcante, L.M., De Moraes, R.R., & Scheneider, L.F. (2015). Effect of photoinitiator combination on hardness depth of cure and color of model resin composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(51), 41-48. <https://doi.org/10.1111/jerd.12146>

- Saravia, M. (2015). *Led luz emitida por diodos para la fotopolimerizacion de resinas compuestas usadas en odontología restauradora tabla internettabla*. Odont Noticia. <http://www.odonticia.com/index.asp?id=15&pg=2>
- Sarrett, D. (2005). Clinical Challenges and the relevance of materials testing for posterior composites restorations. *Dent Materials*, (21), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.Dental.2004.10.001>
- Silva, E.H., Alburquerque, R. C., Lanza, L. D.,Vieira, G.C., Peixoto, R. T., Alvim, H.H & Yoshida, M. I. (2011). Influence of different light souces on the converson of composite resins. *Indian journal of dental research*, 22(6), 790-94. <https://doi.org/10.4103/0.970-9>
- Soderholm, K., Achanta, S., & Olsson, S. (1993). Variables affecting the depth of cure of composites. *Dent Res*, (72), 138.
- Steger, E., Manner, E., Seeholzer, H., & Ritzkat, K. (1976). Tabla test of biological activity of light from a newly developed UV-lamp for quick cure in photopolymerizationtabla. *Zahnaztl Prax*, 27 (2), 36-7.
- Scheibe, K.G., Almeida, K.G., Medeiros, I.S., Costa, J.F., & Alves, C.M. (2009). Effect of different polishing systems on the Surface roughness of microhybrid composites. *J Appl Oral Sci*, 17(1), 21-6. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572009000100005>
- Wakefield & Clifford. (2001). Advance in restorative material. *Dent Clin North Am*, (45),7-29.
- Watanabe, L.G. (1989). Measurement of temperature generated by visible- light cure lamps in a vitro model. *Dent Mater*, 5(4), 230-234 [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(89\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0109-5641(89)90066-3)

- Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M., & Celis, J.P. (1992). Classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater*, (8), 310-19.
- Williems, G., Celis, J., Lambrechts, P., Braem, M., & Vanherie, G. (1992), Nano indentation hardness and Youngs modulus of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. *J Biomed Mater Res*, (27), 747-55.
<https://doi.org/10.1002/jbm.820270607>
- Xu, H.H., Smith, D.T., Jahanmir, S., & Romberg, E. (1998). Indentation damage and mechanical properties of human enamel and dentin. *J Dent Res*, (77) 472-80
<https://doi.org/10.1177/00220345980770030601>.
- Yin, R., Heiss, M., Sharp, L., & Suh, B. (2002). Development and physical properties of new lowshrinkagecomposite.*J. Dent. Res*, (80), 514.
- Zeballos, L. & Valdiviezo, A. (2013). Materiales Dentales de Restauración. Revista de actualización clínica investiga. *Rev Act Clín*; 30, 1498-1504.
- 3M ESPE. (2017). Filtek Z350 XT Restaurador Universal. [Online].;
[http://multimedia.3m.com/mws7media/6315470/filtek-z350-xttechnical-product-profile.pdf? &fn=z350xt_tpp.pdf](http://multimedia.3m.com/mws7media/6315470/filtek-z350-xttechnical-product-profile.pdf?&fn=z350xt_tpp.pdf).
- 3M ESPE. (2015). Filtek Bulk Fill, Instrucciones para uso. Recuperado de
<http://www.multimedia.3m.com/mws/media/1326404O/fbfpr-tpp-global-esp-hr.PDF>.

IX. ANEXOS

9.1. Anexo. A

9.1.1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES	INDICAD ORES	ESCALA DE MEDICI ON	TECNI CA Y MÈTOD O	VALOR
Problema General ¿Qué diferencias existirían entre la microdureza superficial que presentan las resinas de	Objetivo General Evaluar la microdureza superficial que presentan las resinas de nanotecnología	Hipotesis General Las resinas de nanotecnología fotocuradas con lámparas LED poliwave presentarían significativamente	Independiente Fotocurado de las resinas nanoparticulada con lámpara Monowave 20 y 40 segundos.	Lámpara LED Poliwave de diferente longitud de onda = 1	Razón/ Continua	Nivel: explicati vo diseño: experime ntal verdader o in vitro	- Obser vación directa. Nm (nanómetro)

nanotecnología fotocuradas con lámparas LED poliwave en comparación con las lámparas LED monowave, a un tiempo de exposición de 20 y 40 segundos?	fotocuradas con lámparas LED poliwave en comparación con las lámparas LED monowave, a un tiempo de exposición de 20 y 40 segundos.	mayor microdureza superficial en comparación con las lámparas LED monowave, a un tiempo de exposición de 20 y 40 segundos. Hipótesis específicas	Nanoparticulada con luz LED Poliwave, (High soft power, low poliwave), 20 seg. Y 40 segundos Fotocurado de las resinas nanohibridada con lámpara Monowave 20 y 40 segundos. Nanohibridada	Lámparas LED Monowave = 2		Tipo: experime ntal prospecti vo, transvers al, analítico, Hipótesis : racional Formula ción estadista: una cola recolecci	
Problemas especificos	Objetivos específicos						

segundos) con diferente tiempo de exposición?	power (10 y 20 segundos) con diferente tiempo de exposición.	exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.	Tipo: variable cuantitativa	Cronómetro		Observación Explicativa.	Kgfm ²
2. ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N-Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"-10", Soft Start30"-10",	2. Comparar la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N-Ceram fotocuradas con unidades LED	2. La diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Tetric N-Ceram fotocuradas con unidades LED poliwave N® High Power 20"-10", Soft Start30"-15",	Covariable				MonowaveM N® 1= 20 segundos

15", Low Power 20"-10"?	poliwave N® High Power 20"- 10", Soft Start30"-15", Low Power 20"-10"	Low Power 20"- 10"; presentan diferencias estadísticamente significativas. 3. La microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30	Tiempo Duración de la exposición de la luz, en segundo durante la polimerización				2= 40 segundos Poliwave N® High power 1=10 segundos 2= 20 segundo Poliwave Soft Start 1 =15 segundos 2= 30 segundos Poliwave Low power
----------------------------	--	---	---	--	--	--	---

segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos?	polywave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos; presentan diferencias estadísticamente significativas.	segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos; presentan diferencias estadísticamente significativas.					1= 10 segundos 2= 20 segundos Luz halógena 1= 20 segundos 2= 40 segundos
4. ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED	4. Comparar la diferencia de	4. La diferencia de los promedios de la microdureza					

<p>poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos?</p> <p>5. ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas</p>	<p>los promedios de la microdureza superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos;</p>	<p>superficial de la resina Filtex Universal fotocuradas con unidades LED poliwave N® con los programas high power, (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos;</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición?	segundos), con diferente tiempo de exposición en segundos. 5. Comparar la microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave	presentan diferencias estadísticamente significativas. 5. La microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de					
6. ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas	monowave						

Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición? 7. ¿Cuál será la microdureza superficial de las resinas nanopartículas Tetric N- Ceram™	MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición. 6. Comparar la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave	exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas. 6. La microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente					
---	--	--	--	--	--	--	--

<p>fotocuradas con unidades LED polywave N®, con los programas high power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos) y monowave MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición?</p>	<p>MN® (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición</p> <p>7. Comparar la microdureza superficial de las resinas nanoparticulas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED polywave N®,</p>	<p>tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.</p> <p>7. La microdureza superficial de las resinas nanoparticulas Tetric N- Ceram™ fotocuradas con unidades LED polywave N®, con los programas high</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

8. ¿Cuál será la diferencia de los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística Hihg Power, (20"-10"), Soft Start (30"-15"), Low Power (20"-10"), y	con los programas high power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), y monowave (20 y 40 segundos) y con diferente tiempo de exposición.	power (10 y 20 segundos), soft start (15 y 30 segundos), low power (10 y 20 segundos), y monowave (20 y 40 segundos), con diferente tiempo de exposición; presentan diferencias estadísticamente significativas.					
	8. Comparar la diferencia de						

unidad Monowave (40'' - 20'')?	los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística Hihg Power, (20''- 10''), Soft Start (30''-15''), Low Power (20''- 10''),	8. La diferencia de los promedios de la microdureza superficial medias de las resinas nanoparticulas Tetric N Ceram observar la diferencia estadística Hihg Power, (20''-10''), Soft Start (30''- 15''), Low Power (20''-10''), Monowave (40'' - 20''); presentan					
-----------------------------------	---	--	--	--	--	--	--

Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")? 10. ¿Cuál será la diferencia de los promedios en la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high	Monowave (40" - 20"). 9. Comparación de Microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwaveN ® con programas high	diferencias estadísticamente significativas. 9. La microdureza superficial la media de la resina nanohíbridas Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LEDPoliwaveN® con programas high power (10" y 20") Soft Start (15" y 30"), Low Power					
--	---	---	--	--	--	--	--

power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")?	power (10" y 20") Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")	(10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40"); presentan diferencias estadísticamente significativas. 10. La diferencia de los promedios en la microdureza superficial de la resina Filtex Universal™ fotocuradas con unidades LED					
---	---	--	--	--	--	--	--

	Universal™ fotocuradas con unidades LED Poliwave con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40")	Poliwave con programas high power (10" y 20"), Soft Start (15" y 30"), Low Power (10" y 20") y unidad Monowave (20" y 40"); presentan diferencias estadísticamente significativas.					
--	--	---	--	--	--	--	--

9.2 Anexo B

9.2.1. Calibración instrument de medición máquina de ensayo universal



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF - 2022 - 018

Fecha de emisión: 2022-08-16
Fecha de expiración: 2023-08-16
Expediente: LMC-2022-0898

1. SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY
CERTIFICATE S.A.C.

Dirección : Nro. 1319 Int. 116 Urb. Los Jardines de San Juan, Etapa II, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES

Marca	: LG	L A B O R A T O R I O S M E C A L A B S
Modelo	: CMT-5L	
Serie	: 7419	
Identificación	: No Indica	
Rango de indicación	: 5000,00 N	
División mínima	: 0,01 N	
Tipo de Ensayo	: Tracción	
Tipo de indicación	: Digital	
Procedencia	: Korea	
Ubicación	: No Indica	
Fecha de Calibración	: 2022-08-15	

3. METODO DE CALIBRACIÓN:

- La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales parte 1. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

· A
· C
· Av
Lu
rig
an
ch
o
Nr
o.

1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa (%HR)	59 %HR	57 %HR

6. PATRONES DE REFERENCIA:

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.

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.

Trazabilidad	Patrón	Identificación	Certificado de Calibración
DM-INACAL	Termohigrómetro	PT-TH-02	LH-088-2021 Cal: Septiembre
INMELAB	Juego de pesas 1 g a 2 kg / M2	PM-JM2-02	LMM-2022-018 Cal: Febrero 2022
INMELAB	Juego de pesas 5 kg, 10 kg, 20 kg / M2	PM-JM2-01	LMM-2022-024 Cal: Marzo 2022



Gerente de Metrología



Firmado digitalmente por
Jorge Padilla Dueñas
Fecha:
2022.08.16
10:05:52 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

7. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:
MEDICIÓN DE TRACCIÓN

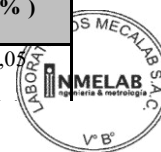
Indicación del Patrón (N)	Indicación del Equipo (N)	Corrección n (N)	Incertidumbre (N)
500,00	501,15	-1,15	2,66
1 000,00	1002,35	-2,35	3,91
1 500,00	1501,94	-1,94	6,46
2 000,00	2003,05	-3,05	9,01
2 500,00	2504,22	-4,22	14,02
3 000,00	3005,86	-5,86	18,94
3 500,00	3507,46	-7,46	17,19
4 000,00	4009,69	-9,69	15,64
4 500,00	4515,35	-15,35	18,96
5 000,00	5020,01	-20,01	21,59

Indicaci ³ n del Equipo (N)	Errores Relativos				Incertidu mbre Expandid a U (%)
	Exactitu d q (%)	Repetibili dad b (%)	Reversibil idad v (%)	Resoluci ³ n Relativa a (%)	
501,15	-0,23	0,28	----	----	0,53
1 002,35	-0,23	0,25	----	----	0,39
1 501,94	-0,13	0,34	----	----	0,43
2 003,05	-0,15	0,33	----	----	0,45
2 504,22	-0,17	0,40	----	----	0,56
3 005,86	-0,19	0,32	----	----	0,63
3 507,46	-0,21	0,32	----	----	0,49
4 009,69	-0,24	0,34	----	----	0,39
4 515,35	-0,34	0,23	----	----	0,42
5 020,01	-0,40	0,29	----	----	0,43

Retorno a	0
-----------	---

Error relativo máximo permitido según la clase de la escala de la máquina de ensayo (ISO 7500-

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero f ₀ (%)
0,50	± 0,5	0,50	± 0,75	0,25	± 0,05



OBSERVACIONES:

- 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 esta 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".

8. **CONCLUSIONES:**

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo 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 S.A.C."



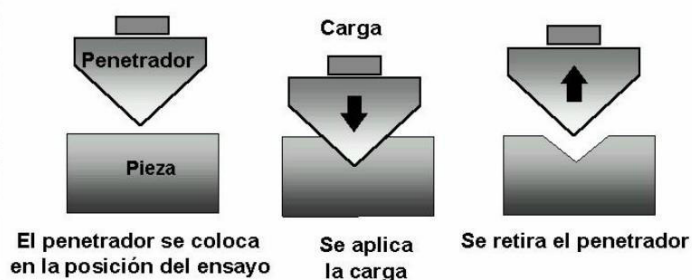
DUREZA VICKERS

El ensayo Vickers (HV) fue desarrollado en Inglaterra en 1925 y fue inicialmente conocido como DPH (Diamond Pyramid Hardness).

El método Vickers tiene dos rangos distintos de fuerzas, micro (10g a 1000g) y macro (1kg a 100kg), para cubrir todas las necesidades de ensayo. El penetrador es el mismo para todos los ensayos, por tanto los valores Vickers son continuos a lo largo del rango total de durezas para metales. Con la excepción de los ensayos realizados con cargas por debajo de los 200g, los valores de dureza Vickers se consideran generalmente como independientes de la carga aplicada en el ensayo. En otras palabras, si el material a medir es uniforme, los valores de dureza Vickers serán iguales utilizando una carga de 500g o una de 50kg. Por debajo de 200g hay que ser más cauteloso a la hora de comparar resultados.

En el ensayo de dureza Vickers, un penetrador de diamante piramidal con un ángulo de 136° entre las caras opuestas en el vértice, es presionado contra la superficie de la muestra utilizando una fuerza F determinada, y, una vez que esta fuerza se ha retirado, se miden ópticamente las diagonales d_1 y d_2 de la huella de forma cuadrada que deja en la muestra.

La duración de la aplicación de la carga es de 2s a 8s, y esta carga se mantiene durante 10s a 15s.

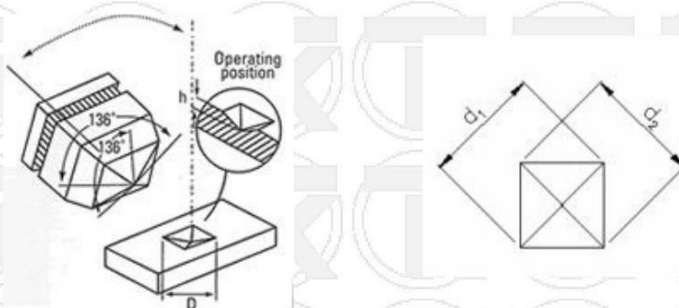


El resultado de dureza Vickers HV viene dado por la siguiente fórmula:

$HV = \text{Constante} \times \text{Carga aplicada} / \text{Área de la huella}$

$$HV = 0.102 \times \frac{2F \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2}$$

Siendo d = la media aritmética (en mm) de las dos diagonales d_1 y d_2 .




KANSERT, S.L.

El valor de dureza Vickers es mayor cuanto más dura es la muestra. Existen tablas para realizar el cálculo de manera sencilla, aunque los durómetros digitales realizan este cálculo de manera automática,



En la fotografía de la izquierda, microdurómetro Vickers digital automático.

En la fotografía de la derecha, durómetro Vickers digital automático con aplicación de la fuerza de ensayo mediante célula de carga con sistema de bucle cerrado, y equipado con software para la medición de la huella.

Normativa:

Los ensayos Vickers están definidos en las siguientes normas:

- ASTM E384 Micro Vickers (10g a 1kg)
- ASTM E92 Macro Vickers (1kg a 100kg)
- ISO 6507-1,2,3 Micro y Macro Vickers

Aplicaciones:

Debido al amplio rango de cargas de ensayo, el método Vickers puede ser utilizado en prácticamente cualquier material metálico. El tamaño de la pieza está limitado únicamente por la capacidad del durómetro.

Ventajas:

- Una sola escala cubre todo el rango de dureza
- Gran cantidad de cargas de ensayo para ajustarse a cualquier aplicación.
- No destructivo, las muestras pueden ser normalmente utilizadas tras el ensayo.

Inconvenientes:

- El punto flaco del ensayo Vickers es la necesidad de medir ópticamente las dimensiones de la huella. Esto requiere que la superficie donde se va a realizar el ensayo tenga un acabado lo suficientemente fino para poder realizar una medición con precisión.
- Lentitud. La realización de un ensayo puede tomar 30 segundos sin contar el tiempo de preparación de la muestra.

La siguiente tabla muestra una lista de las escalas de dureza Vickers estándar.

Microdureza	Cargas de ensayo	Dureza con baja carga	Cargas de ensayo	Macro dureza	Cargas de ensayo
HV 0,01	0,09807 N	HV 0,2	1,961 N	HV 5	49,03 N
HV 0,015	0,1471 N	HV 0,3	2,942 N	HV 10	98,07 N
HV 0,02	0,1961 N	HV 0,5	4,903 N	HV 20	196,1 N
HV 0,025	0,2452 N	HV 1	9,807 N	HV 30	294,2 N
HV 0,05	0,4903 N	HV 2	19,61 N	HV 50	490,3 N
HV 0,1	0,9807 N	HV 3	29,42 N	HV 100	980,7 N

INFORME DE ENSAYO N°	IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
ENSAYO DE DUREZA MICROVICKERS EN RESINAS ODONTOLÓGICAS				
1. DATOS DE LOS TESISISTAS				
Nombre de tesis : "MICRODUREZA SUPERFICIAL DE RESINAS NANOTECNOLOGÍA FOTOCURADAS CON UNIDADES LED DE DIFERENTE LONGITUD DE ONDA Y TIEMPO DE EXPOSICION" Nombres y Apellidos : Julia Elbia Medina y Mendoza Dni : 8585104 Dirección : calle Pedro Paulet 527 Urb. Ingeniería - San Martín de Porres				
2. EQUIPOS UTILIZADOS				
Instrumento Microdurómetro Vickers Electrónico Vernier Digital	Marca LG - HV-1000 Mitutoyo - 200 mm	Aproximación 1 μ m - 40X 0.01mm	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.	

3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Muestras de resinas odontológicas	<p>Cantidad : Ciento Cincuenta y tres (153) muestras Material : Cilindros de resina Ø6 x 2 mm de altura</p> <p>Grupo 1 : Tetric Ceram - 10" Low Power</p> <p>Grupo 2 : Tetric Ceram - 10" High Power</p> <p>Grupo 3 : Tetric Ceram - 20" Low Power</p> <p>Grupo 4 : Tetric Ceram - 20" High Power</p> <p>Grupo 5 : Tetric Ceram - 20" Monowave</p> <p>Grupo 6 : Tetric Ceram - 40" Monowave</p> <p>Grupo 7 : Ceram - N 20"-40" Luz Halógena (control)</p> <p>Grupo 8 : Ceram - N 20" Luz Halógena</p> <p>Grupo 9 : Ceram - N 15" Soft Start</p> <p>Grupo 10 : Ceram - N 30" Soft Start</p> <p>Grupo 11 : Filtek Universal 10" Low Power</p> <p>Grupo 12 : Filtek Universal 10" High Power</p> <p>Grupo 13 : Filtek Universal 20" Low Power</p> <p>Grupo 14 : Filtek Universal 20" High Power</p> <p>Grupo 15 : Filtek Universal 15" Soft Start</p> <p>Grupo 16 : Filtek Universal 30" Soft Start</p> <p>Grupo 17 : Filtek Universal 20" Monowave</p> <p>Grupo 18 : Filtek Universal 40" Monowave</p> <p>Grupo 19 : Filtek Universal 20" Luz Halógena</p> <p>Grupo 20 : Filtek Universal 40" Luz Halógena</p>	<p>HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</p> <p>S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.</p>
4. RECEPCION DE MUESTRAS		
Fecha de recepción de muestras	<p>15 de Febrero del 2023</p> <p>21 de Febrero del 2023</p> <p>Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San</p>	El informe de ensayo sin firma y sello

Ensayo Lugar de Ensayo	Juan de Lurigancho	carece de validez.
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO		
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:		
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CAPITULO/NUMERAL
ASTME384-17	Método de prueba estándar para la dureza de materiales por microindentación	-- --

9.3 Anexo C

9.3.1 Informe de ensayo microdureza superficial

INFORME DE ENSAYO N°	IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
-----------------------------	--------------------	---------------------	--------------------------	-------------------

6. CONDICIONES DE ENSAYO

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	21.9 °C
Humedad Relativa	62 %HR	61 %HR

7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRODUREZA VICKERS

Grupo 1: Resina Tetric Ceram - 10" Low Power					
Especimen	Carga de Ensayo (N)	Punto 1 Hv (Kg/m²)	Punto 2 Hv (Kg/m²)	Punto 3 Hv (Kg/m²)	Promedio Hv (Kg/m²)
1	50 (0.49033)	37.8	35.8	37.1	36.9
2		36.8	37.8	40.3	38.3
3		36.0	39.0	38.7	37.9
4		37.0	41.0	38.1	38.7
5		38.3	39.2	39.8	39.1
6		36.0	39.0	36.1	37.0
7		40.8	40.2	41.7	40.9
8		39.7	39.6	39.1	39.5

Grupo 2: Resina Tetric Ceram - 10" High Power					
Especimen	Carga de Ensayo (N)	Punto 1 Hv (Kg/m²)	Punto 2 Hv (Kg/m²)	Punto 3 Hv (Kg/m²)	Promedio Hv (Kg/m²)
1	50 (0.49033)	41.2	40.8	42.5	41.5
2		39.4	43.7	42.1	41.7
3		42.8	43.8	42.5	43.0
4		43.0	42.4	43.1	42.8
5		41.0	41.8	42.3	41.7
6		40.4	41.8	42.7	41.6
7		41.8	42.4	41.8	42.0
8		40.1	41.8	42.3	41.4

Grupo 3: Resina Tetric Ceram - 20" Low Power					
Especimen	Carga de Ensayo (N)	Punto 1 Hv (Kg/m²)	Punto 2 Hv (Kg/m²)	Punto 3 Hv (Kg/m²)	Promedio Hv (Kg/m²)
1	50 (0.49033)	39.8	38.5	40.8	39.7
2		35.2	33.0	32.7	33.6
3		37.7	37.4	34.1	36.4
4		36.1	36.6	36.0	36.2
5		39.4	38.1	37.8	38.4
6		40.4	40.8	39.7	40.3
7		37.2	38.5	37.3	37.7
8		39.4	40.6	41.5	40.5

INFORME DE ENSAYO N°		IE-068-2023		EDICION N° 3		Fecha de Emisión:		24-02-2023	
		Grupo 4: Resina Tetric Ceram - 20" High Power							
	Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)			
	1	50 (0.49033)	41.8	45.2	44.1	43.7			
	2		43.3	43.9	44.3	43.8			
	3		45.7	48.1	47.8	47.2			
	4		44.7	46.5	46.1	45.8			
	5		41.8	43.8	41.2	42.3			
	6		42.8	43.0	42.5	42.8			
	7		41.4	42.8	42.8	42.3			
	8		42.4	43.7	43.3	43.1			
	Grupo 5: Resina Tetric Ceram - 20" Monowave								
	Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)			
	1	50 (0.49033)	33.3	33.0	33.1	33.1			
	2		31.3	30.6	31.6	31.2			
	3		36.7	38.0	36.6	37.1			
	4		31.5	30.3	31.7	31.2			
	5		37.2	38.6	37.4	37.7			
	6		31.7	30.9	32.2	31.6			
	7		34.4	34.9	33.8	34.4			
	8		35.5	33.3	33.1	34.0			
	9		37.5	36.8	36.0	36.8			
Grupo 6: Resina Tetric Ceram - 40" Monowave									
	Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)			
	1	50 (0.49033)	36.9	33.3	35.1	35.1			
	2		31.5	35.5	32.8	33.3			
	3		33.6	36.0	33.1	34.2			
	4		39.8	36.7	38.8	38.4			
	5		37.0	38.9	37.3	37.7			
	6		32.3	34.7	33.3	33.4			
	7		30.9	30.3	33.9	31.7			
	8		33.4	33.6	32.1	33.0			
	9		35.8	36.7	35.3	35.9			


INFORME DE ENSAYO N°		IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
Grupo 7: Resina Ceram - N 20"-40" Halogena (Grupo Control)					
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	35.7	37.8	35.1	36.2
2		39.8	41.2	40.5	40.5
3		36.3	37.8	36.2	36.8
4		36.3	38.6	40.1	38.3
5		39.8	41.3	37.4	39.5
Grupo 8: Resina Ceram - N 20" Luz Halógena					
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	41.3	43.8	43.1	42.7
2		40.6	42.8	41.7	41.7
3		43.1	46.8	44.2	44.7
4		43.1	42.8	42.4	42.8
5		40.7	42.2	41.7	41.5
Grupo 9: Resina Ceram - N 15" Soft Start					
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	40.2	44.3	42.5	42.3
2		42.4	41.0	43.8	42.4
3		41.4	42.4	40.1	41.3
4		42.1	42.4	42.7	42.4
5		41.3	40.2	42.0	41.2
6		40.2	42.8	43.5	42.2
7		43.8	41.3	42.7	42.6
8		41.9	44.5	43.0	43.1
Grupo 10: Resina Ceram - N 30" Soft Start					
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	41.9	41.5	42.5	42.0
2		42.8	42.4	43.1	42.8
3		42.4	41.7	43.2	42.4
4		43.3	42.4	43.7	43.1
5		43.9	42.9	43.3	43.4
6		44.3	45.0	44.3	44.5
7		42.4	42.4	43.7	42.8
8		43.2	43.6	43.1	43.3

INFORME DE ENSAYO N°		IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
Grupo 11: Resina Filtek Universal 10" Low Power					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/m m2)	Punto 2 Hv (Kg/m m2)	Punto 3 Hv (Kg/m m2)	Promedio Hv (Kg/m m2)
1	50 (0.49033)	47.5	50.7	49.3	49.2
2		44.3	48.8	46.1	46.4
3		48.7	45.5	48.7	47.6
4		50.1	47.3	49.4	48.9
5		46.5	49.8	48.1	48.1
6		47.2	47.6	47.0	46.3
7		46.5	49.8	47.6	47.9
8		49.4	49.3	50.3	49.5
Grupo 12: Resina Filtek Universal 10" High Power					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	46.3	48.1	48.9	47.8
2		46.5	49.0	47.1	47.5
3		47.5	48.2	47.7	47.8
4		44.7	46.3	47.1	46.0
5		45.2	45.1	46.2	45.5
6		47.2	48.1	46.9	47.4
7		50.7	47.7	49.1	49.2
8		47.0	47.3	46.8	47.0
Grupo 13: Resina Filtek Universal 20" Low Power					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	44.3	44.3	43.8	44.1
2		50.1	51.9	50.3	50.8
3		48.3	47.5	48.1	48.0
4		44.2	44.8	48.1	45.7
5		46.5	47.8	46.3	46.9
6		47.3	48.1	47.9	47.8
7		42.4	42.4	43.1	42.6
8		47.3	45.1	44.8	45.7

INFORME DE ENSAYO N°		IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
Grupo 14: Resina Filtek Universal 20" High Power					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	49.5	51.6	50.1	50.4
2		49.7	51.2	49.7	50.2
3		53.7	52.4	53.1	53.1
4		51.9	56.8	51.9	53.5
5		51.1	52.5	51.3	51.6
6		48.9	48.6	50.1	49.2
7		49.7	49.0	49.0	49.2
8		53.7	54.4	53.1	53.7
Grupo 15: Resina Filtek Universal 15" Soft Start					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	52.8	52.5	41.8	49.0
2		45.2	46.8	46.1	46.0
3		46.3	49.5	48.7	48.2
4		49.2	47.8	48.3	48.4
5		48.5	50.1	48.1	49.6
6		51.3	49.7	50.3	50.4
7		45.1	46.3	46.3	45.9
8		45.2	46.1	50.1	47.1
Grupo 16: Resina Filtek Universal 30" Soft Start					
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	52.1	51.0	51.8	51.6
2		52.5	52.5	54.2	53.1
3		52.0	51.5	51.3	51.6
4		59.0	53.5	54.8	55.8
5		52.2	50.4	52.4	51.7
6		52.5	51.3	52.0	51.9
7		51.5	53.1	53.2	52.6
8		51.9	53.3	52.7	52.6

INFORME DE ENSAYO N°		IE-068-2023		EDICION N° 3		Fecha de emisión:		24-02-2023	
Grupo 17: Resina Filtek Universal 20" Monowave									
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)				
1	50 (0.49033)	47.0	54.0	51.3	50.8				
2		48.4	48.7	50.1	49.1				
3		51.0	52.8	51.3	51.7				
4		50.1	50.5	49.6	50.1				
5		47.3	49.2	48.1	48.2				
6		50.3	49.7	51.4	50.5				
7		51.0	52.2	50.8	51.3				
8		49.8	48.1	50.4	49.4				
9		49.8	50.3	49.8	50.0				
Grupo 18: Resina Filtek Universal 40" Monowave									
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)				
1	50 (0.49033)	45.3	43.5	46.1	45.0				
2		47.8	49.0	48.3	48.4				
3		47.2	45.8	47.1	46.7				
4		51.9	49.8	50.7	50.8				
5		46.3	47.8	43.8	46.0				
6		47.3	50.1	48.1	48.5				
7		53.8	51.3	53.0	52.7				
8		53.8	50.7	49.7	51.4				
Grupo 19: Resina Filtek Universal 20" Luz Halógena									
Especime n	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)				
1	50 (0.49033)	53.1	55.1	53.8	54.0				
2		52.8	52.8	51.3	52.3				
3		53.8	52.8	53.4	53.3				
4		51.3	52.8	53.1	52.4				
5		52.3	53.1	55.8	53.7				
6		53.8	53.1	54.7	53.9				
7		53.5	55.4	53.1	54.0				
8		50.7	51.3	50.3	50.8				
Grupo 20: Resina Filtek Universal 40" Luz Halógena									
Especi men	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/m m2)	Punto 2 Hv (Kg/m m2)	Punto 3 Hv (Kg/m m2)	Prome dio Hv (Kg/m m2)				
1		44.6	45.6	46.3	45.5				
2		44.4	42.1	45.8	44.1				

	<div>3</div> <div>4</div>	50 (0.490 33)	<div>46.8</div> <div>49.8</div>	<div>45.6</div> <div>48.3</div>	<div>47.3</div> <div>47.1</div>	<div>46.6</div> <div>48.4</div>	
--	---------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--

INFORME DE ENSAYO N°	IE-068-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2023
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECANICO Jefe de Laboratorio	 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE			
El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.				
FIN DEL DOCUM ENTO				

9.4. anexo D

9.4.1. ISO 4049

INTERNATIONAL
STANDARD

**ISO
4049**

Fifth edition
2019-05

ISO 4049:2019(E)

**Dentistry — Polymer-based
restorative materials**

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



Reference number
ISO 4049:2019(E)

© ISO 2019



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT

© ISO 2019
All rights reserved. Unless otherwise specified, or required in the context of its implementation, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office
CP 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Versin, Geneva
Phone: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
Email: copyright@iso.org
Website: www.iso.org
Published in Switzerland

© ISO 2019 - All rights reserved

Contents	Page
Foreword	v
Introduction	vi
1 Scope	1

ISO 4049:2019(E)

ISO 4049:2019(E)

7.9.2	Procedure	14
7.9.3	Treatment of results	15
7.10	Depth of cure, Class 2 materials excluding luting materials	15
7.10.1	Apparatus	15
7.10.2	Procedure	15
7.10.3	Treatment of results	16
7.11	Flexural strength	16
7.11.1	Apparatus	16
7.11.2	Preparation of test specimens	17
7.11.3	Procedure	18
7.11.4	Treatment of results	18
7.12	Water sorption and solubility	19
7.12.1	Apparatus	19
7.12.2	Preparation of test specimens	20
7.12.3	Procedure	21
7.12.4	Treatment of results	21
7.13	Shade and colour stability after irradiation and water sorption	22
7.13.1	General	22
7.13.2	Apparatus	22
7.13.3	Preparation of test specimens	23
7.13.4	Procedure	23
7.13.5	Colour comparison for shade	23
7.13.6	Colour comparison for colour stability	23
7.14	Radio-opacity	23
7.14.1	Perform the test in accordance with ISO 13116	23
7.14.2	Preparation of test specimens	23
7.14.3	Treatment of results	23
8	Packaging, marking, instructions and information to be supplied by the manufacturer	24
8.1	Packaging	24
8.2	Marking and instructions for use	24
8.3	Declaration of components	28
Bibliography		29

ISO 4049:2019(E)

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: www.iso.org/iso/foreword.html.

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 106, Dentistry, Subcommittee SC 1, Filling and restorative materials.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition (ISO 4049:2009), which has been technically revised. The main changes compared to the previous edition are as follows:

- the test for sensitivity to ambient light has been changed because a filter used in the current test was not available;
- the test for radio-opacity has been updated to refer to ISO 13116;
- luting materials no longer have to conform to the requirement for depth of cure;
- the manufacturer is now required to publish details of material composition, see [Clause 8](#);
- several minor changes have been made to clarify content together with editorial changes.

Any feedback or questions on this document should be directed to the user's national standards body. A complete listing of these bodies can be found at www.iso.org/members.html.

ISO 4049:2019(E)

iv

Introduction

Specific qualitative and quantitative requirements for freedom from biological hazard are not included in this document. It is recommended, however, that reference should be made to ISO 10993-1 and ISO 7405 when assessing possible biological or toxicological hazards.

Dentistry — Polymer-based restorative materials

1 Scope

This document specifies requirements for dental polymer-based restorative materials supplied in a form suitable for mechanical mixing, hand-mixing, or intra-oral and extra-oral external energy activation, and intended for use primarily for the direct or indirect restoration of the teeth and for luting.

The polymer-based luting materials covered by this document are intended for use in the cementation or fixation of restorations and appliances such as inlays, onlays, veneers, crowns and bridges. This document does not cover those polymer-based luting materials that have an adhesive component within the structure of the material (see ISO/TS 16506).

The document does not cover polymer-based materials intended to prevent caries (see ISO 6874), core materials or those used for veneering metal sub-frames (see ISO 10477).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 1942, *Dentistry — Vocabulary*

ISO 3696:1987, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

ISO 7491:2000, *Dental materials — Determination of colour stability*

ISO 8601-1:2019, *Date and time — Representations for information interchange Part 1: Basic rules*

ISO 8601-2:2019, *Date and time — Representations for information interchange Part 2: Extensions*

ISO 13116:2014, *Dentistry — Test method for determining radio-opacity of materials*

ISO 17304:2013, *Dentistry — Polymerization shrinkage: Method for determination of polymerization shrinkage of polymer-based materials*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 1942 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

ISO 4049:2019(E)

(5.2.7), depth of cure (5.2.8), shade (5.3) and colour stability (5.4) appropriate to the material type and class. If the material is supplied such that it can be "tinted" or "blended" to the user's prescription, the material shall conform to the requirements both when used alone and when used with the maximum recommended proportion of tint or blender (see Table 4, item 19). Depth of cure (5.2.8) of luting materials shall not be tested.

Colour stability (5.4) of luting materials shall not be tested unless the manufacturer claims such a property.

In respect of the other requirements of 5.2 and those of 5.5, only one representative shade of restorative materials shall be tested. This representative shade shall be either that classified by the manufacturer as "Universal" or, in the event that no shade is so classified, that shade corresponding to "A3" in the Vita®¹⁾ classification of shade. However, if the manufacturer claims a higher value for radio-opacity (see 5.5 and Table 4, item 28) for any other shade, this claim shall be tested.

The requirements are summarized in Tables 1, 2 and 3.

5.2.2 Film thickness, luting materials

The film thickness of luting materials when determined in accordance with 7.5 shall be no more than 10 µm above any value claimed by the manufacturer and in any event shall be no greater than 50 µm.

5.2.3 Working time, Class 1 and Class 3 restorative materials, excluding luting materials

The working time for Class 1 and Class 3 restorative materials, excluding luting materials, determined in accordance with 7.6, shall be no less than 90 s.

5.2.4 Working time, Class 1 and Class 3 luting materials

When tested in accordance with 7.7, the material shall be capable of forming a thin layer; during its formation there shall be no detectable change in its homogeneity.

5.2.5 Setting time, Class 1 materials

The setting time for Class 1 restorative materials, excluding luting materials, determined in accordance with 7.8, shall be no more than 5 min. The setting time for Class 1 luting materials, determined in accordance with 7.8, shall be no more than 10 min.

5.2.6 Setting time, Class 3 materials

The setting time for Class 3 materials, determined in accordance with 7.8, shall be no more than 10 min.

5.2.7 Sensitivity to light, Class 2 materials

When tested in accordance with 7.9, the material shall remain physically homogeneous.

5.2.8 Depth of cure, Class 2 materials excluding luting materials

When determined in accordance with 7.10, the depth of cure of Class 2 restorative materials shall be no less than 1 mm if they are labelled by the manufacturer as opaque, or no less than 1,5 mm for other restorative materials.

In any event, the values for all materials shall not be more than 0,5 mm below the value stated by the manufacturer.

1) Vita® is a trade name of Vita Zahnfabrik, H Rauter GmbH & Co KG, Postfach 1338, D-79704 Bad Säckingen, Germany. This information is given for the convenience of the users of this document and does not constitute an endorsement of this system by ISO.

ISO 4049:2019(E)

3.3

outermost packaging

form of packaging used to combine material and additional items, including instructions for use and any proportioning or mixing devices, that are supplied with the material

3.4

container

capsule

primary packaging of the material

4 Classification

4.1 Type

For the purposes of this document, dental polymer-based restorative materials are classified into the following types.

- **Type 1:** Polymer-based restorative materials claimed by the manufacturer as suitable for restorations involving occlusal surfaces;
- **Type 2:** All other polymer-based restorative materials, and luting materials.

4.2 Class

The three classes of dental polymer-based restorative materials are as follows:

- **Class 1:** Materials whose setting is effected by mixing an initiator and activator ("Self-curing" materials).
- **Class 2:** Materials whose setting is effected by the application of energy from an external source, such as blue light or heat, ("external-energy-activated" materials, see also Table 4, items 9 and 20). They are subdivided as follows:
 - 1) **Group 1:** Materials whose use requires the energy to be applied intra-orally;
 - 2) **Group 2:** Materials whose use requires the energy to be applied extra-orally. When fabricated, these materials will be luted into place.

Certain materials may be claimed by manufacturers to be both Group 1 and Group 2. In this event the material shall fulfil the requirements for both groups.

NOTE Class 2 luting materials fall into Group 1 only.

- **Class 3:** Materials that are cured by the application of external energy, and also have a self-curing mechanism present ("dual-cure" materials).

5 Requirements

ISO 4049:2019(E)

5.2.9 Flexural strength

The flexural strength of polymer-based restorative materials determined in accordance with 7.11, shall be equal to or greater than the limits specified in Table 1.

Table 1 — Flexural strength

Restorative materials		Flexural strength MPa minimum
Type 1	Class 1	80
	Class 2, Group 1	80
	Class 2, Group 2	100
	Class 3	80
Type 2 (including luting materials)	Class 1	50
	Class 2, Group 1	50
	Class 3	50

5.2.10 Water sorption and solubility

When determined in accordance with 7.12

- a) the water sorption of all materials shall be equal to or less than 40 µg/mm³.
- b) the solubility of all materials shall be equal to or less than 7,5 µg/mm³.

5.3 Shade of restorative materials

When the material is assessed in accordance with 7.13 and ISO 7491, the shade of the set material shall closely match that of the manufacturer's shade guide. If a shade guide is not supplied by the manufacturer, then the manufacturer shall nominate a commercially available shade guide that shall be used in assessing conformance with this requirement (see Table 4, items 13 and 25). In addition, the set material shall be evenly pigmented when viewed without magnification.

5.4 Colour stability after irradiation and water sorption

When the material is tested in accordance with 7.13 and ISO 7491, no more than a slight change in colour shall be observed. In respect of luting materials, colour stability shall be tested only in the event of a manufacturer's claim for colour stability. In the event of such a claim, no more than a slight change in colour shall be observed when the material is tested in accordance with 7.13 and ISO 7491.

5.5 Radio-opacity

5.5.1 If the manufacturer claims that the material is radio-opaque (see Table 4, items 16 and 28), the radio-opacity, determined in accordance with 7.14, shall be equal to or greater than that of the same thickness of aluminium and no less than 0,5 mm below any value claimed by the manufacturer.

5.5.2 This test shall be performed on a "universal" shade (see 5.2.1) but if the manufacturer claims a value for another shade or shades that is at least twice the "universal" shade value, this other shade or shades shall be tested as described in 5.5.1 (see Table 4, item 28).

NOTE Aluminium has a radio-opacity equivalent to that of dentine. Thus 1 mm of material having a radio-opacity equivalent to 1 mm of aluminium has a radio-opacity equivalent to that of dentine.

Table 2 — Physical and chemical property requirements for restorative materials, excluding luting materials
(see Table 1 for minimum flexural strength)

Material Class	Requirement (subclause)				
	Working time (5.2.3) s minimum	Setting time (5.2.5, 5.2.6) min maximum	Depth of cure ^a (5.2.8) mm minimum	Water sorption (5.2.10) µg/mm ³ maximum	Solubility (5.2.10) µg/mm ³ maximum
Class 1	90	5 (5.2.5)	—	40	7,5
Class 2	—	—	1,0 (opaque shade) 1,5 (others)	40	7,5
Class 3	90	10 (5.2.6)	—	40	7,5

^a The values for all materials shall be no more than 0,5 mm below the value stated by the manufacturer.

Table 3 — Physical and chemical property requirements for luting materials

Material Class	Requirement (subclause)				
	Film thickness ^a (5.2.2) µm maximum	Working time (5.2.4) s minimum	Setting time (5.2.5, 5.2.6) min maximum	Water sorption (5.2.10) µg/mm ³ maximum	Solubility (5.2.10) µg/mm ³ maximum
Class 1	50	60	10 (5.2.5)	40	7,5
Class 2	50	—	—	40	7,5
Class 3	50	60	10 (5.2.6)	40	7,5

^a The determined value shall be no more than 10 µm above any value claimed by the manufacturer.

6 Sampling

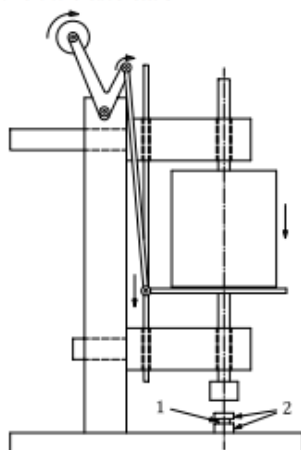
The test sample shall consist of packages prepared for retail sale from the same batch containing enough material to carry out the specified tests, plus an allowance for repeat tests, if necessary. 50 g should be sufficient.

7 Test methods

7.1 General reagent — Water

ISO 4049:2019(E)

is attached to the bottom of the rod shall be horizontal and parallel to the base. The load shall be applied smoothly and in such a manner that no rotation occurs.



Key
1 specimen
2 glass plates

Figure 1 — Loading device for use in the film thickness test (see 7.5)

A holder may be used to assist in the positioning of the plates. Such a device consists of a baseplate with three vertical pins to align circular plates or four pins to align square plates (see Figure 2).

ISO 4049:2019(E)

For Class 3 materials, the tests for working time (see 7.6) and setting time (see 7.8) shall be performed in the absence of activating radiation.

Ambient light, both natural and artificial, is capable of activating these materials. To control this, the test should be performed in a dark room with any artificial light filtered by a yellow filter²⁾.

7.3 Inspection

Inspect visually to check that requirements specified in Clause 8 have been met.

7.4 Preparation of test specimens

For the preparation of Class 2 and Class 3 materials, reference shall be made to the manufacturer's instructions (see Table 4, item 20) that state the external energy source or sources recommended for the materials to be tested. Care shall be taken to ensure that the source is in a satisfactory operating condition (see ISO 10650 for guidance).

Mix or otherwise prepare the material in accordance with the manufacturer's instructions and the test conditions specified in 7.2.

Where fully-cured specimens are required for testing (7.11 to 7.14), it is important to ensure that the specimens are homogeneous after removal from the mould. There shall be no clefts, voids, discontinuities or air inclusions present when viewed without magnification.

Some polymer-based materials, particularly certain luting materials, have a chemical affinity for base metals. This property creates difficulty when removing specimens from metal moulds. Reference shall be made to the information supplied by the manufacturer (see Table 4, item 26) regarding this property and, if it is claimed, moulds for the preparation of specimens of such materials may be made from non-metallic material such as high-density polyethylene.

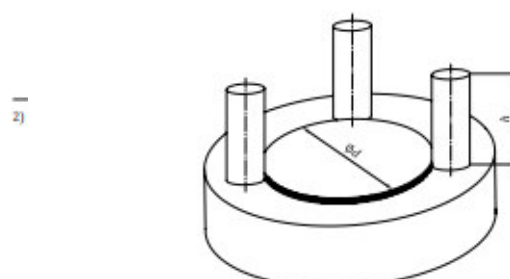
7.5 Measurement of film thickness of luting materials

7.5.1 Apparatus

7.5.1.1 **Two glass plates**, optically flat, square or circular, each having a contact surface area of (200 ± 25) mm². Each plate shall be of a uniform thickness no less than 5 mm.

7.5.1.2 **Loading device** of the type illustrated in Figure 1, or an equivalent means, whereby a force of (150 ± 2) N may be applied vertically to the specimen via the upper glass plate. In Figure 1, the anvil that

ISO 4049:2019(E)



NOTE 1 The diameter, d , slightly exceeds the diameter of the glass plates.

NOTE 2 The height, h , of the pins is 1,5 times the height of one of the glass plates.

Figure 2 — Holder to assist stabilization of the glass plates (see 7.5)

7.5.1.3 **External energy source** (for Class 2 and Class 3 materials), as recommended by the manufacturer for use with the material under test.

7.5.1.4 **Micrometer** or equivalent measuring instrument, accurate to 0,001 mm.

7.5.1.5 **Timer** accurate to 1 s.

7.5.2 Test procedure

7.5.2.1 Preliminary steps

Measure, to an accuracy of 0,001 mm, the combined thickness of the two optically-flat glass plates stacked in contact with the micrometer (reading A). Remove the upper plate and place between 0,02 ml and 0,10 ml of the test material treated in accordance with the manufacturer's instructions in the centre of the lower plate and place this centrally below the loading device on its lower plate. Replace the second glass plate centrally onto the test specimen in the same orientation as in the original measurement. The holder (Figure 2) is helpful.

The volume of material needed to fill completely the space between the glass plates will vary according to the material's viscosity. A preliminary test may be used to determine the appropriate volume.

7.5.2.2 Class 1 materials

At (60 ± 2) s after mixing Class 1 materials, carefully apply a force of (150 ± 2) N vertically and centrally to the specimen via the top plate for (180 ± 10) s. Ensure that the cement has completely filled the space between the glass plates. At least 10 min after the commencement of mixing, remove the plates from the loading device and measure the combined thickness of the two glass plates and the specimen film, again taking the reading in the centre of the plates (reading B).

Record the difference between reading A and reading B, to the nearest micrometre, as the film thickness of the luting material.

ISO 4049:2019(E)

Carry out five determinations.

7.5.2.3 Class 2 and Class 3 materials

Immediately after dispensing Class 2 materials or after mixing Class 3 materials, carefully apply a force of (150 ± 2) N vertically and centrally to the specimen via the top plate for (180 ± 10) s. Ensure that the cement has completely filled the space between the glass plates. Immediately after the period of loading release the loading system and irradiate the specimen through the centre of the upper glass plate for twice the recommended exposure time.

NOTE This irradiation is not intended to cure the material totally, but to stabilize the specimen for measurement.

After the irradiation of Class 2 and Class 3 materials, remove the plates from the loading device and measure the combined thickness of the two glass plates and the specimen film, again taking the reading in the centre of the plates (reading B).

Record the difference between reading A and reading B to the nearest micrometre as the film thickness of the luting material.

Carry out five determinations.

7.5.3 Treatment of results

Record the film thickness and report as follows:

- If at least four of the values are equal to or less than $50 \mu\text{m}$, the material is deemed to have conformed to the first requirement of 5.2.2.
- If three or more values are greater than $50 \mu\text{m}$, the material is deemed to have failed.
- If only three of the values are equal to or less than $50 \mu\text{m}$, repeat the whole test. If one or more of the values is greater than $50 \mu\text{m}$ on the second occasion, the material is deemed to have failed the whole test.
- If the manufacturer claims a specific value for film thickness, at least four of the five values shall be no more than $10 \mu\text{m}$ greater than the claimed value in order to conform to the second requirement of 5.2.2.

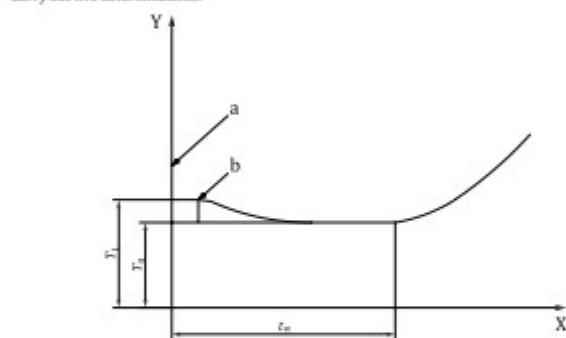
ISO 4049:2019(E)

7.6.2 Procedure

Prepare the test material in accordance with the manufacturer's instructions (see Table 4) and start timing from the moment mixing is begun. Maintain the mould at $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ and, 30 s after the start of mixing, place the mixed material in the mould and record the temperature, T_0 , of the material. Maintain the apparatus (7.6.1.1) at $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ and continuously record the temperature of the material until the maximum temperature has passed.

A typical recording trace is shown in Figure 4. As soon as the material is inserted into the mould, the temperature will rise slightly to T_1 and then fall until it becomes steady at T_2 and then starts to increase. The point at which the temperature begins to increase denotes the start of the setting reaction and, therefore, the end of the working time. Determine this point by drawing a horizontal base line at $(T_2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ and recording t_w at the point of intersection with the trace. The results are extremely temperature-dependent and slight variations within the permitted temperature range will cause variations of several seconds. Record the working time, t_w , from the start of mixing until the temperature starts to increase.

Carry out five determinations.



Key
X time
Y temperature
a Start of mixing
b Insertion

Figure 4 — Determination of working time (see 7.6.2)

NOTE The schematic diagram shows the temperature at the time of insertion, T_b , the slight temperature increase immediately after insertion, to T_1 , and the initial time of temperature increase which denotes the start of the setting reaction and, therefore, the end of the working time, t_w .

7.6.3 Treatment of results

Record the working times and report as follows:

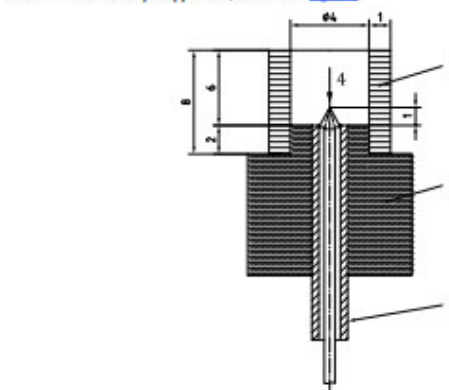
- If at least four of the times obtained are equal to or longer than 90 s, the material is deemed to have conformed to the requirement of 5.2.3.

ISO 4049:2019(E)

7.6 Working time, Class 1 and Class 3 restorative materials, excluding luting materials

7.6.1 Apparatus

7.6.1.1 Thermocouple apparatus, as shown in Figure 3.



Key
1 polyethylene tubing
2 polyamide block
3 stainless steel tube
4 thermocouple-cane of solder

Figure 3 — Apparatus for determination of working and setting times (see 7.6, 7.8)

The apparatus consists of a piece of high-density polyethylene (or similar material) tubing, 1, located on a block of polyamide or similar material, 2, having a hole into which is inserted a stainless-steel tube, 3, containing a stabilized thermocouple 4.

Tube 1 shall be 8 mm long, 4 mm in internal diameter and have a wall thickness of 1 mm. The locating part of block 2 shall be 4 mm in diameter and 2 mm high. When assembled, the two components shall form a specimen well 6 mm high \times 4 mm in diameter. In order to facilitate removal of the specimen

ISO 4049:2019(E)

- If three or more of the times are shorter than 90 s, the material is deemed to have failed.
- If only three of the times are equal to or longer than 90 s, repeat the whole test. If one or more times are shorter than 90 s on the second occasion, the material is deemed to have failed the whole test.

7.7 Working time, Class 1 and Class 3 luting materials

7.7.1 Apparatus

7.7.1.1 Two glass microscope slides.

7.7.1.2 Timer accurate to 1 s.

7.7.2 Procedure

At 60 s after the completion of mixing, place a spheroidal mass of approximately 30 mg of material on a glass microscope slide (7.7.1.1) and immediately press the second microscope slide against the material with a shearing action to produce a thin layer.

Visually inspect the material to see whether it is physically homogeneous.

NOTE During this test, if the material has begun to set, clefts and voids will appear in the specimen when the thin layer is being produced. Alternatively, with rapid setting materials, there will be an increase in viscosity that will prevent the layer being produced.

Repeat the entire procedure twice, using a new sample for each test. Record the results of all three tests.

7.7.3 Treatment of results

If, on visual inspection, the material of all three samples remains physically homogeneous and has formed a thin layer, the material is deemed to have conformed to the requirement of 5.2.4.

7.8 Setting time, Class 1 and Class 3 materials

7.8.1 Apparatus for the determination of setting time of Class 1 and Class 3 restorative materials

7.8.1.1 Thermocouple apparatus, as specified in 7.6.1.1.

7.8.2 Apparatus for the determination of setting time of Class 1 and Class 3 luting materials

7.8.2.1 Thermocouple apparatus, as specified in 7.6.1.1 except that the tube A shall be 6 mm long and thus form a specimen well 4 mm in height. All other dimensions specified in 7.6.1.1 shall apply.

7.8.3 Procedure

Use the procedure specified in 7.6.2 but maintain the apparatus (7.8.1) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Measure the time from the start of mixing until a plateau at maximum temperature is reached (see Figure 5). Extend the plateau backwards to meet an extension of the straight line of temperature increase. Record this time, t_s , as the setting time.

Perform the test five times.

ISO 4049:2019(E)

7.9.1 Apparatus

7.9.1.1 Xenon lamp, or radiation source of equivalent performance with a colour temperature of 5 000 K to 7 000 K with ultraviolet filter inserted.

ISO 4049:2019(E)

During this test, if the material has begun to set, discontinuities and voids will appear in the specimen when the thin layer is being produced. It may aid the inspection to compare the test specimen with one that has been produced in the absence of light.

Repeat the entire procedure twice, using a new sample of material for each test. Record the results of all three tests.

7.9.3 Treatment of results

If, on visual inspection, the material of all three samples remains physically homogeneous, the material is deemed to have conformed to the requirement of 5.2.7.

7.10 Depth of cure, Class 2 materials excluding luting materials

7.10.1 Apparatus

7.10.1.1 Stainless steel mould, for the preparation of a cylindrical specimen, 6 mm long and with a diameter 4 mm. If the manufacturer claims a depth of cure in excess of 3 mm the mould shall be at least 2 mm longer than twice the claimed depth of cure.

A mould release agent which does not interfere with the setting reaction, for example a 3 % solution of polyvinyl ether wax in hexane, may be used to facilitate removal of the specimen.

7.10.1.2 Two glass slides/plates, each of sufficient area to cover one side of the mould.

Standard glass microscope slides may be used.

7.10.1.3 White filter paper

7.10.1.4 Film, transparent to the activating radiation, $(50 \pm 30) \mu\text{m}$ thick, e.g. polyester.

7.10.1.5 External energy source, as recommended by the manufacturer for use with the test material (see Table 4, item 20).

7.10.1.6 Micrometer, accurate to at least 0,005 mm.

7.10.1.7 Plastics spatula

7.10.2 Procedure

Place the mould (7.10.1.1) onto a strip of the transparent film (7.10.1.4) on a glass microscope slide. Fill the mould with the test material, prepared in accordance with the manufacturer's instructions, taking care to exclude air bubbles. Slightly overfill the mould and put a second strip of the transparent film on top followed by the second microscope slide. Press the mould and strips of film between the glass slides (7.10.1.2) to displace excess material. Place the mould onto the filter paper (7.10.1.3), remove the microscope slide covering the upper strip of film and gently place the exit window of the external energy source (7.10.1.5) against the strip of film so that the centre of the window is aligned with the centre of the specimen. Irradiate the material for the time recommended by the manufacturer to achieve a depth of cure of at least 1,0 mm for opaque shade restorative materials or 1,5 mm for all other materials.

Class 2 Group 2 materials shall be tested after exposure to irradiation from the primary source and not after processing in a curing oven.

NOTE The test is intended to demonstrate the conversion of monomer to polymer at the modelling stage that enables the material to be transferred from the die to the curing oven.

ISO 4049:2019(E)

satisfactory specimens for this type of material, it is recommended that the clamp should be replaced by a press, capable of applying a load of 1 000 kg to the metal plates during specimen preparation.

7.11.1.4 Film, transparent to the activating radiation, $(50 \pm 30) \mu\text{m}$ thick, e.g. polyester.

ISO 4049:2019(E)

Immediately after completion of irradiation remove the specimen from the mould and remove the uncured material with the plastics spatula (7.10.1.7). Measure the height of the cylinder of cured material with the micrometer (7.10.1.6) to an accuracy of 0,1 mm and divide the value by two.

Record this value as the depth of cure.

Repeat the test twice.

7.10.3 Treatment of results

If all three values for opaque shade restorative materials are no less than 1,0 mm, and for all other materials no less than 1,5 mm, the material is deemed to have conformed to the first requirement of 5.2.8.

In order to conform to the second requirement of 5.2.8, all three values shall be no more than 0,5 mm below the value stated by the manufacturer.

7.11 Flexural strength

7.11.1 Apparatus

7.11.1.1 Mould, e.g. stainless steel, for the preparation of a test specimen $(25 \pm 2) \text{ mm} \times (2,0 \pm 0,1) \text{ mm} \times (2,0 \pm 0,1) \text{ mm}$. A mould release agent (see 7.10.1.1) may be used. A suitable mould is illustrated in Figure 6. See also 7.4, paragraph 4, for the preparation of metal affinity materials.

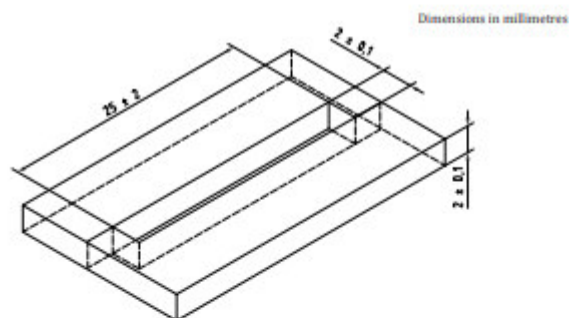


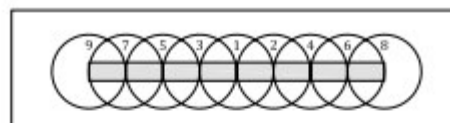
Figure 6 — Mould for preparation of flexural strength test specimens (see 7.11)

7.11.1.2 Two metal plates, each of sufficient area to cover the mould. For Class 2 and Class 3 materials, a glass microscope slide for use during polymerization.

7.11.1.3 Small screw clamp capable of exerting pressure on the metal plates during specimen preparation.

The results from this test are extremely sensitive to errors in specimen preparation, such as discontinuities or air inclusions which may be more common when preparing highly viscous materials that are particularly difficult to insert into the mould. If difficulty is experienced in preparing

ISO 4049:2019(E)



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 (7.4) 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 (7.4) at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ until the start of testing, (see 7.11.3).

Prepare five specimens.

7.11.3 Procedure

Measure the dimensions of the specimen at its centre to an accuracy of 0,01 mm. Transfer the specimen to the flexural strength testing apparatus (see 7.11.1.9).

At 24 h after the start of mixing (Class 1 materials), or irradiation (Class 2 and Class 3 materials) apply a load to the specimen at a cross-head speed of $(0,75 \pm 0,25)$ mm/min or at a rate of loading (50 ± 16) N/min until either the specimen reaches the yield point or, if there is no yield point, fractures.

Record the maximum load exerted on the specimen either at the yield point or at the point of fracture.

Repeat the test on the four other specimens.

7.11.4 Treatment of results

ISO 4049:2019(E)

7.12.2 Preparation of test specimens

7.12.2.1 Class 1 materials

Place a piece of film (7.12.1.2) on one of the metal plates (7.12.1.3) and place the mould (7.12.1.1) on it. Slightly overfill the mould with the material, prepared in accordance with the manufacturer's instructions. Place a second piece of film onto the material in the mould and cover this with the second metal plate, thus displacing excess material.

Clamp the mould together and transfer the assembly immediately to the oven (7.12.1.6) maintained at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$. After 60 min, timed from the start of mixing, remove the specimen from the mould, taking care to avoid surface contamination. Finish the periphery of the specimen to remove flash and irregularities. Hold the periphery of the specimen against No. 1 000 grit abrasive paper on a non-rotating grinding table and rotate the specimen so that the periphery is abraded. Visually inspect the specimen periphery to ensure it is smooth. Blow debris away with the compressed air jet or dust blower (7.12.1.11). The diameter of the finished specimen shall be no less than 14,8 mm.

Prepare five specimen discs in this way.

7.12.2.2 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 7.12.2.1 and, having displaced excess material, remove the metal plate, leaving the film in place, and replace it with the glass plate. For Class 2, Group 1 and Class 3 materials place the exit window of the external energy source (see 7.12.1.5) against the glass plate (see 7.12.1.3). Irradiate that section of the specimen for the recommended exposure time. Move the exit window and irradiate a section of the specimen overlapping the previous section of the specimen. Continue this procedure until the whole specimen has been irradiated for the recommended exposure time. Turn the mould over, remove the other metal plate and replace it with a glass slide. Irradiate the second side of the specimen in the same way as the first side.

A template is required to perform this overlapping irradiation efficiently; the exact number of exposures is dependent on the diameter of the exit window. Figure 8 shows an example of such a template. The external energy source tip diameter is 7 mm.



Figure 8 — Schematic diagram of overlapping irradiation zones for the preparation of the water sorption specimens, (see 7.12)

Immediately after irradiation, transfer the mould to the oven (7.12.1.6) maintained at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$. At 15 min after the commencement of irradiation, remove the specimen from the mould and finish the periphery as described in 7.12.2.1.

Prepare five specimen discs in this way.

For Class 2, Group 2 materials, follow the manufacturer's instructions regarding the use of the external energy source(s), (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 in accordance with the procedure specified in the paragraph above, remove the specimen from the mould and place it

Report as follows:

- If at least four of the results are equal to or greater than the limit specified in Table 1, the material is deemed to have conform to the requirement of 5.2.9.
- If three or more of the results are less than the limit specified in Table 1, the material is deemed to have failed absolutely.
- If only three of the results are equal to or greater than the limit specified in Table 1, repeat the whole test. All five specimens of the second series shall be equal to or greater than the limit specified in Table 1 for the material to be deemed to conform to the requirement of 5.2.9.

7.12 Water sorption and solubility

7.12.1 Apparatus

7.12.1.1 Mould of internal dimensions $(15,0 \pm 0,1)$ mm in diameter and $(1,0 \pm 0,1)$ mm deep, for the preparation of specimen discs.

A split ring or "washer" mould is suitable. See also 7.4, paragraph 4, for the preparation of metal affinity materials.

A mould release agent which does not interfere with the setting reaction, for example a 3 % solution of polyvinyl ether wax in hexane, may be used to facilitate removal of the specimen.

7.12.1.2 Film transparent to the activating radiation, e.g. polyester, (50 ± 30) µm thick.

7.12.1.3 Two metal plates of sufficient area to cover the mould.

For Class 2 and Class 3 materials, a glass microscope slide for use during polymerisation.

7.12.1.4 Two desiccators, containing silica gel freshly dried according to the manufacturer's instructions for the silica gel. Replace the silica gel with freshly dried gel after each weighing sequence.

7.12.1.5 External energy source(s) (for Class 2 and Class 3 materials), as recommended by the manufacturer for use with the test material (see Table 4, item 20).

7.12.1.6 Oven capable of being maintained at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$.

7.12.1.7 Analytical balance accurate to 0,05 mg in the measuring range required in the test.

7.12.1.8 Micrometer, accurate to at least 0,005 mm.

7.12.1.9 Clamps

7.12.1.10 Plastics tweezers

To avoid contamination of the specimens, they shall be handled at all times with the tweezers.

7.12.1.11 Hand dust-blower or source of oil-free compressed air with micro-jet nozzle.

7.12.1.12 Timer accurate to 1 s.

ISO 4049:2019(E)

directly in the external energy apparatus. After curing, remove the specimen from the apparatus and finish the periphery as described in 7.12.2.1.

If no preconditioning is required prior to the insertion of the material in the apparatus, the material shall be left in the mould for curing. After curing, remove the specimen from the mould and finish the periphery as described in 7.12.2.1.

ISO 4049:2019(E)

7.12.4.2 Treatment of water sorption test results

Report the water sorption results as follows:

- If at least four of the values obtained are equal to or less than $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, the material is deemed to have conformed to the first requirement of 5.2.10.

ISO 4049:2019(E)

7.13.2.2 Radiation source, water bath and other apparatus, as described in ISO 7491.

7.13.3 Preparation of test specimens

Prepare three disc specimens as described in 7.12.2.1 for Class 1 materials or 7.12.2.2 for Class 2 and Class 3 materials but omitting the precise finishing of the periphery.

7.13.4 Procedure

- **Specimen 1:** After removal from the mould, store one specimen in the dark, dry in the oven (7.13.2.1) at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ for 7 days; this is the reference specimen.
- **Specimen 2:** After removal from the mould, store one specimen in the dark in the oven (7.13.2.1) in water (7.1) at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ for 7 days; this specimen will demonstrate any deterioration in colour due to water sorption alone.
- **Specimen 3:** After removal from the mould, store one specimen in the dark, dry in the oven (7.13.2.1) at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ for (24 ± 2) h. After this time, remove the specimen from the oven and blank off half of it with aluminium or tin foil. Place this specimen in the radiation chamber (7.13.2.2), immerse it in water at $(37 \pm 5)^\circ\text{C}$ and expose it to the radiation for 24 h. Ensure that the water level is (10 ± 3) mm above the specimen. After exposure, remove the metal foil, and transfer the specimen back to the oven at $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ and store it in the dark, dry for 5 days.

7.13.5 Colour comparison for shade

After 7 days, remove wet specimen 2 from the oven, blot it dry with absorbent paper and compare its colour with the manufacturer's nominated shade guide (Table 4, item 25). Carry out the colour comparison in accordance with 5.3 and ISO 7491.

7.13.6 Colour comparison for colour stability

After 7 days, remove specimens 1 and 3 from the oven. Compare the colour of wet specimen 2 (see 7.13.5) with the reference specimen 1.

Compare the colour of both halves of specimen 3 with each other and with the reference specimen 1.

Carry out all the colour comparisons in accordance with 5.4 and ISO 7491.

7.14 Radio-opacity

7.14.1 Perform the test in accordance with ISO 13116

7.14.2 Preparation of test specimens

Prepare one disc specimen as described in 7.12.2.1 for class 1 materials or 7.12.2.2 for Class 2 and Class 3 materials omitting the precise finishing of the periphery. This method will produce specimens with a thickness in the range $(1,0 \pm 0,1)$ mm.

7.14.3 Treatment of results

Treat the results in accordance with Clause 8 of ISO 13116:2014 and determine the radio-opacity (aluminium equivalent) value.

If this value is equal to or greater than 1 mm the material is deemed to have conformed to the first requirement of 5.5.

ISO 4049:2019(E)

ISO 4049:2019(E)

If the manufacturer has claimed a specific value for radio-opacity (see Table 4, items 16 and 28) then the aluminium equivalent determined above shall be no more than 0,5 mm below the value claimed by the manufacturer.

8 Packaging, marking, instructions and information to be supplied by the manufacturer

8.1 Packaging

The materials shall be supplied in containers or capsules that afford adequate protection and have no adverse effect on the quality of the contents. An outer pack may also be used to present the containers or capsules as a single unit that provides protection for them.

8.2 Marking and instructions for use

Information shall be clearly marked on the outermost packaging or containers (for multi-dose packs or capsules), as appropriate, and as indicated in Table 4.

Instructions shall accompany each package of the material or be otherwise available electronically and shall include the information appropriate to the material as indicated in Table 4.

Information additional to that specified in Table 4 may be supplied at the discretion of the manufacturer, or as required by regulation.

NOTE Table 4 contains several optional items and serves as a guide to the manufacturer as to the type of information which might be useful to dentists.

Table 4 — Requirements for marking and instructions for use (1 of 3)

	Items of marking and instructions for use	Outermost packaging see 3.4	Outer pack of capsules see 3.3	Capsule (single-dose), syringes or bottles	Manufacturer's instructions
1	The trade name of the product or a means of identifying it.	M	M ₂	M	M
2	The identification or name of the manufacturer.	M	M ₀	OPT	M
3	The address of the manufacturer or the agent responsible for the country of sale.	M	OPT	NA	M
4	Manufacturer's URL.	OPT	OPT	NA	OPT
5	The recommended conditions of storage.	M	OPT	NA	M
6	Batch identification consisting of a serial number or a combination of letters and numbers that refers to the manufacturer's records for that particular batch of material.	M	M ₂	M	NA
Key For combination of containers/markings/instructions: M — mandatory; M ₂ — when the marking is clearly identifiable through the outer pack, this requirement is optional; M ₀ — when the marking is described on the capsule, syringe or bottle, and is identifiable clearly through the outer pack, this requirement is optional; OPT — informative but optional; NA — not applicable.					

Table 4 (continued)

Items of marking and instructions for use	Outermost packaging	Outer pack of capsules	Capsule (single-dose), syringes or	Manufacturer's instructions
---	---------------------	------------------------	------------------------------------	-----------------------------

ISO 4049:2019(E)

Table 4 (continued)

	Items of marking and instructions for use	Outermost packaging see 3.4	Outer pack of capsules see 3.3	Capsule (single-dose), syringes or bottles	Manufacturer's instructions
19	Instructions for the preparation and proportioning of components and mixing, including, if appropriate, the maximum proportion of tints and blenders that may be used without detriment to the physical properties. The ambient conditions under which this should be carried out may be included.	NA	NA	NA	M
20	The recommended external energy source(s) and exposure/processing times for all versions of Class 2 and Class 3 materials, and, in the case of Class 2 materials, the depth to which the material is cured after the recommended exposure (determined in accordance with 7.10). The information shall include the emission wavelength region(s), the irradiance of the powered polymerization activator, and the exposure time. For Class 2 materials a warning that polymerisation may be started by ambient lighting or the dental operating light.	NA	NA	NA	M
21	The working and setting times for Class 1 and Class 3 materials, and, an indication of the time when a matrix may be removed, if this differs from the setting time.	NA	NA	NA	M
22	Information on the use of a base or liner, if recommended, or other recommended protective measures if the material is likely to cause pulpal irritation, and information on whether any base or liner is known to be incompatible with the material e.g. eugenol containing materials.	NA	NA	NA	M
23	The recommended instructions for finishing.	NA	NA	NA	M

ISO 4049:2019(E)

Table 4 (continued)

	Items of marking and instructions for use	Outermost packaging see 3.4	Outer pack of capsules see 3.3	Capsule (single-dose), syringes or bottles	Manufacturer's instructions
25	In order to identify pre-coloured shades for restorative materials, the manufacturer shall supply a shade guide or nominate a commercially available shade guide for use with the material. The shade guide shall indicate the colour of the fully water-saturated material. In the case of luting materials this requirement shall only apply when colour stability is claimed. A manufacturer may include such information when colour stability is not claimed without contravening this document.	NA	NA	NA	M
26	In the case of luting materials whether the material has a chemical affinity for metal.	NA	NA	NA	M
27	Information about the use and compatibility of the material with adhesives and bonding agents.	NA	NA	NA	M
Key For combination of container/markings/instructions: M — mandatory; M _o — when the marking is clearly identifiable through the outer pack, this requirement is optional; M _h — when the marking is described on the capsule, syringe or bottle, and is identifiable clearly through the outer pack, this requirement is optional; OPT — informative but optional; NA — not applicable.					

ISO 4049:2019(E)

Table 4 (continued)

	Items of marking and instructions for use	Outermost packaging see 3.4	Outer pack of capsules see 3.3	Capsule (single-dose), syringes or bottles	Manufacturer's instructions
28	If radio-opacity is claimed, this shall be determined in accordance with 7.14 and the value stated in the instructions. If certain shades amongst others that are radio-opaque are not radio-opaque, this shall be stated. If the radio-opacity value of another shade or shades is more than twice the "universal" shade value, this shall be stated, and the manufacturer shall give an indication, either quantitatively or qualitatively, of the differences. An explanation of the radio-opacity value shall be included, e.g. Aluminium has a radio-opacity equivalent to that of dentine. Thus 1 mm of material having a radio-opacity equivalent to 1 mm of aluminium has a radio-opacity equivalent to that of dentine and 2 mm of aluminium is equivalent to enamel.	NA	NA	NA	M
29	A polymerisation shrinkage value may be included at the discretion of the manufacturer. If one is included this shall have been determined using ISO 17304.	NA	NA	NA	OPT
30	Date of issue of the instructions.	NA	NA	NA	M
Key For combination of container/markings/instructions: M — mandatory; M _o — when the marking is clearly identifiable through the outer pack, this requirement is optional; M _h — when the marking is described on the capsule, syringe or bottle, and is identifiable clearly through the outer pack, this requirement is optional; OPT — informative but optional; NA — not applicable.					

8.3 Declaration of components

The manufacturer shall provide, either in the instructions for use or by means of a Safety Data Sheet, the composition and information on components present in the material $\geq 1\%$ by mass (irrespective of hazard potential) and any ingredient that is classified as a carcinogen, mutagen or reproductive toxicant (CMR) present in the material $\geq 0,1\%$ by mass.

The list shall include a chemical name or its common abbreviation, if available, (e.g. BisGMA, HEMA, TEGDMA). The Chemical Abstracts Service registry number (CAS number) may be used.

Either the mass per cent range for each listed component or a listing in the order of mass from the highest to the lowest concentration shall be provided.

NOTE CMR is defined in authoritative lists, for example, by the International Agency for Research on Cancer (IARC), National Toxicology Program (NTP), American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), EC Annex VI CMR to Regulation (EC) 1272/2008.

The manufacturer may include additional information at their discretion.

ISO 4049:2019(E)

ISO 4049:2019(E)

Bibliography

- [1] ISO 3665:2011, *Photography — Intra-oral dental radiographic film and film packets — Manufacturer specifications*
- [2] ISO 6874, *Dentistry — Polymer-based pit and fissure sealants*
- [3] ISO 7405, *Dentistry — Evaluation of biocompatibility of medical devices used in dentistry*
- [4] ISO 9680, *Dentistry — Operating lights*
- [5] ISO 10477, *Dentistry — Polymer-based crown and veneering materials*
- [6] ISO 10993-1, *Biological evaluation of medical devices — Part 1: Evaluation and testing within a risk management process*
- [7] ISO 10650, *Dentistry — Powered polymerization activators*
- [8] ISO/TS 16506, *Dentistry — Polymer-based luting materials containing adhesive components*
- [9] EUROPEAN UNION. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 (Text with EEA relevance). Available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32008R1272>

9.5 Anexo E

9.5.1. Certificado de calibración

ICS 11.060.10

Price based on 29 pages

© ISO 2019 - All rights reserved



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MF - 2018 - 011

Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2017-11-03
Expediente: LMC-2017-0200

1. SOLICITANTE
Dirección : **HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C**
: Cal. Media Cuadra De La Avenida Naciones Unidas Mza. 35 Lote. 18 A.H.
Arriba Peru Canto Grande Lima - Lima - San Juan De Lurigancho.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **DUROMETRO DIGITAL**
Marca : MICRO VICKERS
Modelo : HV-1000
Serie : No Indica
Identificación : 8975 (*)
Procedencia : No Indica
Ubicación : No Indica
Fecha de Calibración : 2017-11-03

3. METODO DE CALIBRACIÓN:

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

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

LABORATORIOS MECALAB S.A.C.
Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,3	21,6
Humedad Relativa (%HR)	57	55

6. PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón	Marca	Certificado de Calibración
DM-INACAL	Termohigrómetro	Delta Ohm	LT-263-2017 Mayo 2017
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. 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 esta 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".



[Firma]
Ing. Jorge J. Padilla Dueñas
Gerente de Metrología

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE L. MECALAB S.A.C.
Av. Lurigancho N° 1063 Urb. Horizonte de Zárate San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Telf.: (51-1) 253-9166 Cel.: 934857935
www.inmelab.pe / E-mail: ventas@inmelab.pe

8. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:

ERROR DE INDICACIÓN

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,8	Final	20,6

Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)	Incertidumbre (HV)
200,0	200,1	-0,1	0,15
413,0	412,5	0,5	0,15
744,0	744,3	-0,3	0,15

ERROR DE REPETIBILIDAD

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,5	Final	20,3

Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)
744,0	744,5	-0,5
744,0	744,3	-0,3
744,0	744,0	0,0
744,0	744,2	-0,2
744,0	744,3	-0,3

Error de repetibilidad: 0,50 HV

Incertidumbre: 0,15 HV

9. CONCLUSIONES:

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo 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 REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE L. MECALAB S.A.C.

Av. Lurigancho N° 1063 Urb. Horizonte de Zárate San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
 Telf.: (51-1) 253-9166 Cel.: 934857935
 www.inmelab.pe / E-mail: ventas@inmelab.pe

9.6. Anexo F

9.6.1. Fotografías del trabajo de investigación





