

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Odontología**  
**Escuela Profesional de Odontología**



**Influencia de la polimerización complementaria por calor (microondas)  
sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para  
técnica semi directa, Arequipa 2024**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Carrasco Valdivia, Daniela Jimena**

**ORCID: 0009-0000-0976-1314**

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

**Dra. Meza Zegarra, Solange Ana**

**ORCID: 0000-0003-1875-3775**

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**ODONTOLOGIA**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 04 de Mayo del 2025

**Dictamen: 014507-C-EPO-2025**

Visto el borrador del expediente 014507, presentado por:

**2020227012 - CARRASCO VALDIVIA DANIELA JIMENA**

Titulado:

**INFLUENCIA DE LA POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA POR CALOR (MICROONDAS) SOBRE  
LA DUREZA SUPERFICIAL DE DOS RESINAS COMPUESTAS INDICADAS PARA TÉCNICA SEMI  
DIRECTA, AREQUIPA 2024**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

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

**CIRUJANO DENTISTA**

**29716878 - PORTILLA MIRANDA SEREY DORIS  
DICTAMINADOR**



**04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO  
DICTAMINADOR**



**44601950 - ALVARADO GOMEZ ALBERTO ARMANDO  
DICTAMINADOR**



# Influencia de la polimerización complementaria por calor (microondas) sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para técnica semi directa, Arequipa 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	17%
2	es.wikipedia.org Fuente de Internet	1%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	dokumen.pub Fuente de Internet	<1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%

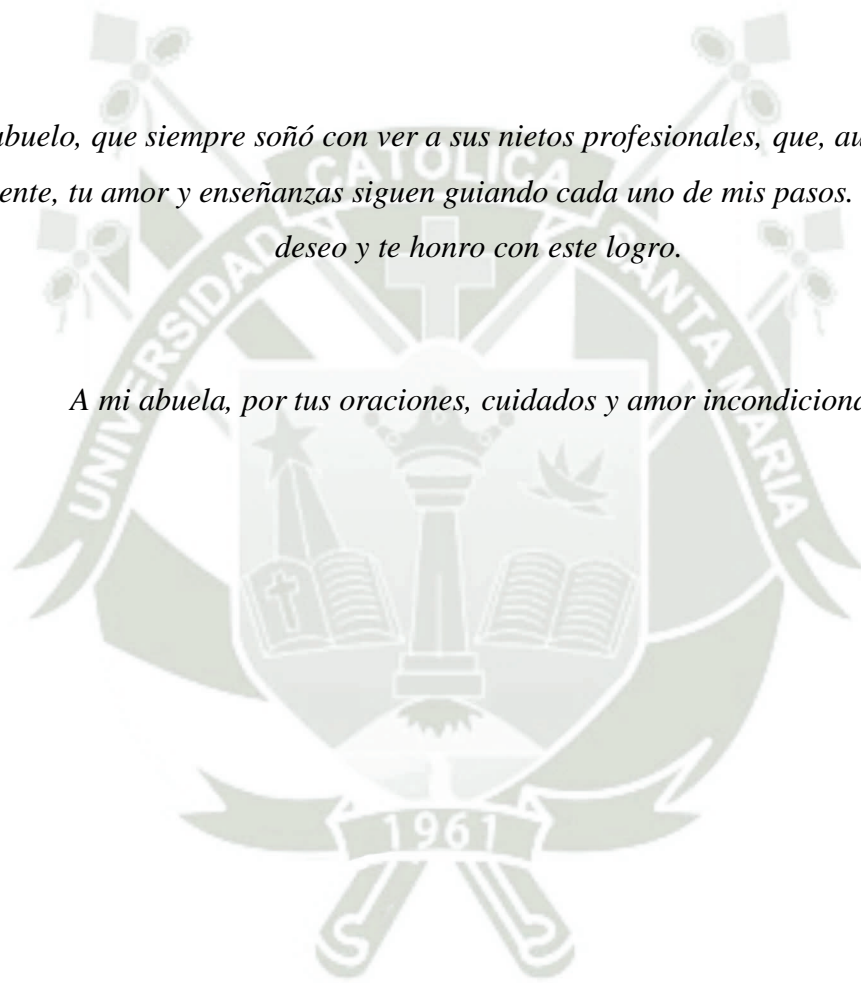
## *DEDICATORIA*

*A Dios, por dotarme de fe y fortaleza en este largo camino de esfuerzo.*

*A mis queridos padres, por brindarme su eterno amor, palabras de aliento y sacrificio. Por hacer de mí una persona que no se rinde nunca.*

*A mi abuelo, que siempre soñó con ver a sus nietos profesionales, que, aunque no estés físicamente, tu amor y enseñanzas siguen guiando cada uno de mis pasos. Hoy cumpla tu deseo y te honro con este logro.*

*A mi abuela, por tus oraciones, cuidados y amor incondicional.*



## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi alma mater universitaria por haberme dado una educación de alto nivel y por ser el espacio donde he crecido tanto personal como profesionalmente.*

*A mis docentes de cada cátedra, gracias por compartir sus conocimientos y por contribuir a mi aprendizaje a lo largo de esta linda etapa.*

*A los dictaminadores de esta tesis, les expreso mi gratitud por su tiempo y dedicación en la revisión y evaluación de mi trabajo.*

*A mi asesora, Dra. Solange Meza, por ofrecerme su experiencia, orientación y compromiso para poder concluir con este proyecto.*

*EPÍGRAFE*



*"Lo que se aprende en la juventud no se olvida, y lo que se aprende con esfuerzo tiene un valor inmenso."*

*— Mario Benedetti*

## RESUMEN

El presente estudio, tiene como objetivo principal el de evaluar la dureza superficial de dos marcas de resina nanohíbrida, como son la 3M™ Filtek™ P60 y la Estelite® Posterior, luego de ser sometidas a un proceso de polimerización complementaria mediante microondas luego de 5 y 10 minutos.

La metodología experimental fue determinada por 48 muestras en forma de cilindros de resina confeccionados en un molde de aluminio. Las unidades de estudio se dividieron en 2 grupos: la resina Filtek™ P60 que conforma las muestras del grupo A, y la resina Estelite® Posterior conformada por muestras del grupo B. A su vez, ambos grupos fueron divididos en 3 subgrupos cada uno de la siguiente manera: el grupo A1 que será el grupo control de la resina Filtek™ P60, el grupo A2, que serán las muestras sometidas al microondas durante 5 minutos, y el grupo A3, con las muestras sometidas a 10 minutos de polimerización adicional. El grupo B se dividirá como sigue: el B1 serán las muestras control de la resina Estelite® Posterior, el grupo B2 son las que fueron sometidas a 5 minutos de calor complementario, y finalmente, el grupo B3, son las muestras que fueron sometidas a polimerización complementaria con microondas durante 10 minutos.

Los resultados obtenidos luego de la parte experimental, y medir la dureza superficial de todos los grupos del estudio, podemos ver que en promedio la dureza de la resina Filtek™ P60 fue de 112,25 HV en el grupo A1, 116,63 HV en el grupo A2 y de 114,88 HV en el grupo A3. Por su parte, los resultados que mostró la resina Estelite® Posterior fueron: 111,13 HV en el grupo B1, 117,13 HV en el grupo B2, y finalmente, de 144,75 HV en el grupo B3.

En conclusión, se puede decir que la polimerización complementaria con microondas, solo influye en el caso de la resina Estelite® Posterior y luego de 10 minutos, presentando según T de Student una diferencia significativa con los otros dos grupos ( $P = 0,000$ ). Mientras que en el caso de la resina Filtek™ P60, y según T de Student también, no se presentó ninguna diferencia ni mejora de la dureza luego de aplicarle calor adicional con microondas, Con valores de P todos superiores a 0,05.

**Palabras clave:** Dureza superficial, resinas nanohíbridas, polimerización complementaria por calor (microondas).

## ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the surface hardness of two brands of nanohybrid resin, 3M™ Filtek™ P60 and Estelite® Posterior, after undergoing a complementary microwave polymerization process for 5 and 10 minutes.

The experimental methodology was determined by 48 samples in the form of resin cylinders made in an aluminum mold. The study units were divided into two groups: Filtek™ P60 resin, which constitutes the samples in group A, and Estelite® Posterior resin, which constitutes the samples in group B. Both groups were further divided into three subgroups, each as follows: group A1, which will be the control group for Filtek™ P60 resin; group A2, which will be the samples subjected to microwave heating for 5 minutes; and group A3, which will contain the samples subjected to 10 minutes of additional polymerization. Group B will be divided as follows: B1 will contain the control samples of Estelite® Posterior resin, group B2 will contain samples that underwent 5 minutes of complementary heat treatment, and finally, group B3 will contain samples that underwent complementary microwave polymerization for 10 minutes.

The results obtained after the experimental phase, and after measuring the surface hardness of all the study groups, show that the average hardness of the Filtek™ P60 resin was 112.25 HV in group A1, 116.63 HV in group A2, and 114.88 HV in group A3. The results for the Estelite® Posterior resin were: 111.13 HV in group B1, 117.13 HV in group B2, and finally, 144.75 HV in group B3. In conclusion, it can be said that the complementary polymerization with microwaves only influenced the Estelite® Posterior resin and after 10 minutes, presenting a significant difference with the other two groups according to Student's T ( $P = 0.000$ ). While in the case of Filtek™ P60 resin, and according to Student's T as well, there was no difference or improvement in hardness after applying additional heat with microwaves, with P values all greater than 0.05.

**Keywords:** Surface hardness, nanohybrid resins, microwave-assisted polymerization.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**EPÍGRAFE**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN** ..... 1

**CAPÍTULO I** ..... 2

**PLANTEAMIENTO TEÓRICO** ..... 2

**1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN** ..... 3

**1.1 Determinación del problema** ..... 3

**1.2 Enunciado del problema** ..... 3

**1.3 Descripción del problema** ..... 4

**1.4. Justificación del problema** ..... 6

**2.- OBJETIVOS** ..... 8

**2.1 Objetivo General** ..... 8

**2.2 Objetivos Específicos** ..... 8

**3. MARCO TEÓRICO** ..... 9

**3.1 Marco Conceptual** ..... 9

**3.1.1 Resinas** ..... 9

**3.1.2 Polimerización** ..... 21

**3.1.3 Dureza y Microdureza superficial** ..... 27

**3.1.4 Microondas** ..... 29

**3.2 Antecedentes investigativos** ..... 35

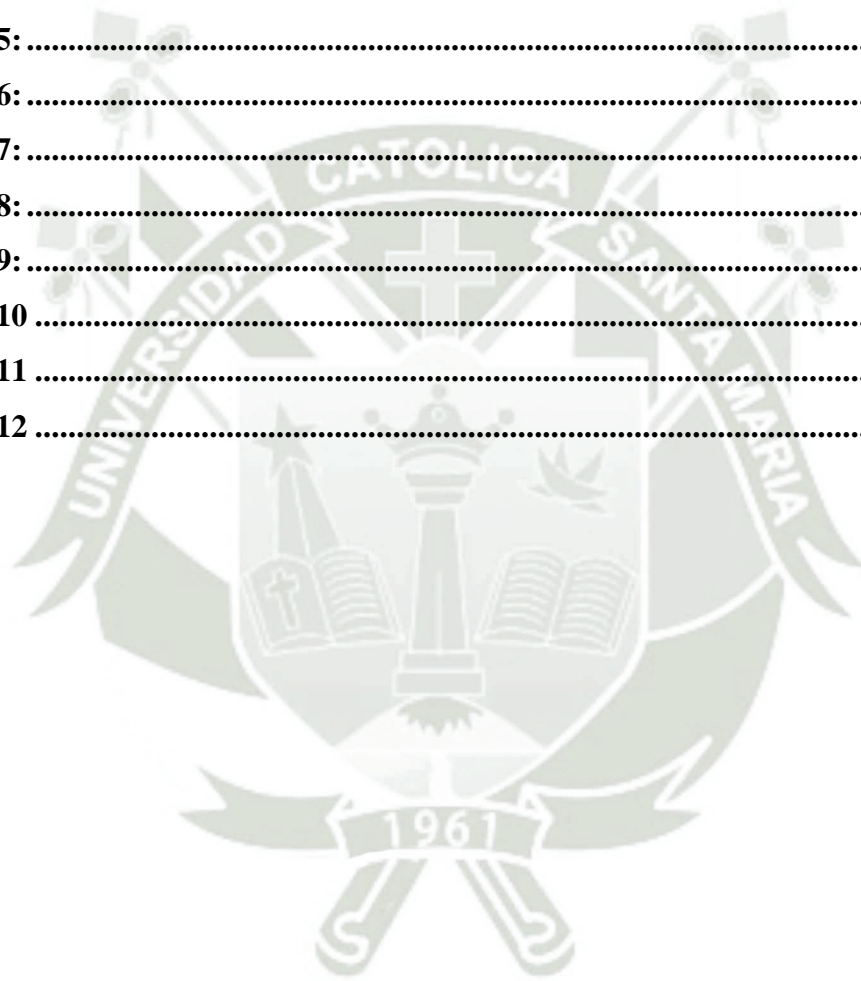
**3.2.1 Internacionales:** ..... 35

**3.2.2 Nacionales:** ..... 37

<b>3.2.3 Locales:</b> .....	39
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	42
CAPÍTULO II .....	43
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL .....	43
CAPÍTULO III .....	51
RESULTADOS .....	51
<b>DISCUSIÓN</b> .....	70
<b>CONCLUSIONES</b> .....	73
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	74
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	75
ANEXOS .....	79
FICHAS DE DATOS .....	80
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> .....	86
<b>CERTIFICADOS Y CONSTANCIAS</b> .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> .....	<b>52</b>
<b>TABLA 2:</b> .....	<b>54</b>
<b>TABLA 3:</b> .....	<b>56</b>
<b>TABLA 4:</b> .....	<b>58</b>
<b>TABLA 5:</b> .....	<b>60</b>
<b>TABLA 6:</b> .....	<b>62</b>
<b>TABLA 7:</b> .....	<b>64</b>
<b>TABLA 8:</b> .....	<b>66</b>
<b>TABLA 9:</b> .....	<b>68</b>
<b>TABLA 10</b> .....	<b>81</b>
<b>TABLA 11</b> .....	<b>84</b>
<b>TABLA 12</b> .....	<b>85</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1: Dureza superficial de la resina FILTEK™ P60.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 2: Calor complementario. 5 minutos. FILTEK™ P60.....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 3: Calor complementario. 10 minutos. FILTEK™ P60.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 4: Dureza superficial de la resina ESTELITE® POSTERIOR.....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 5: Calor complementario. 5 minutos. ESTELITE® POSTERIOR.....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 6: Calor complementario. 10 minutos. ESTELITE® POSTERIOR.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 7: Comparación resinas 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR.....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 8: 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR. 5 minutos.....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 9: 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR. 10 minutos.....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 10: Normalidad RESINA FILTEK™ P60 .....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 11: Normalidad RESINA ESTELITE® POSTERIOR .....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 12: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 13: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 14: Molde de Aluminio (creación propia) .....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 15: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 16: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 17: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 18: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 19: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 20: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 21: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 22: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 23: Elaboración de muestras (creación propia) .....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 24: Aparato de Durómetro marca GOYOJO (creación propia) .....</b>	<b>92</b>

## INTRODUCCIÓN

Por hace más de un siglo las restauraciones indirectas de oro u otros metales dominaron las restauraciones en el sector posterior devolviendo la función y la anatomía de piezas posteriores con gran pérdida de tejido dentario, pero en los últimos tiempos, la aparición de materiales plásticos como resinas o cerámicos, así como las nuevas técnicas adhesivas, hacen posibles una alternativa a los tratamientos que no solo recuperan la función, sino también la estética (1).

En la actualidad existe un incremento en el número de pacientes que demandan restauraciones estéticas y funcionales, y no solo en el sector anterior de la cavidad bucal, sino también lo exigen para sus restauraciones del sector posterior, por lo que el uso de materiales como las resinas se torna de primera elección, pero los profesionales saben que existe un problema de contracción de dichas restauraciones cuando la cavidad es demasiado grande (2).

Para evitar dicho problema de contracción en cavidades extensas en el sector posterior es que se optaba por los materiales de metal, pero en la actualidad se opta cada vez más por los materiales de tipo cerámico o de resina. En estos últimos casos es que se prefiere la opción de hacer técnica indirecta o semi directa en lugar de la aplicación directamente en boca de las resinas. Realizando esta técnica indirecta, lo que conocemos como una incrustación de resina, es que evitamos la contracción del material y su posible fractura, ya que al realizarla fuera de boca se reducen las diferencias de volumen y la adaptación a las paredes de la cavidad son mejores (3).

Pero a raíz de esto surge otro inconveniente, que es, como sabemos según la literatura, la incompleta conversión de monómeros en polímeros, es decir, la polimerización del material no se realiza en su totalidad, y han surgido técnicas complementarias para ayudar en la liberación de monómeros libres y lograr un mejor índice de polimerización. Estas técnicas se describen como aplicación de calor como complemento del proceso de fotopolimerización (4).

Es por esto que en la presente investigación realizaremos la aplicación de calor complementario mediante el uso del microondas luego de la polimerización en cilindros de dos marcas de resinas comerciales indicadas para el sector posterior como son la 3M™ Filtek™ P60 y Estelite® Posterior de Tokuyama, luego de lo cual se medirá si hay alguna diferencia en su dureza superficial.



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO TEÓRICO

## 1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Determinación del problema

Las resinas son cada vez más populares en la mayoría de los procedimientos de restauración dental, y son la mejor opción en prácticamente todos los casos que surgen hoy en día. Pero es ahí donde surge el problema principal pues nos debemos enfrentar a las complicaciones que presentan los materiales restauradores resinosos, que como sabemos son los de la contracción o la polimerización incompleta de dichos materiales.

Aquí es donde entran en juego alternativas que pueden ayudar en la técnica, como el uso de un enfoque indirecto o semidirecto en cavidades extremadamente grandes en la zona bucal posterior para minimizar la contracción. Esto implica optar por incrustaciones de resina en lugar de la técnica de aplicación directa. Además, existe la posibilidad de aplicar calor para favorecer el proceso de polimerización de los componentes de resina..

Es por esto que al escuchar las dudas de profesionales y la información que se encuentra en la literatura bibliográfica, decidimos realizar el presente estudio en el que se complementará el proceso mediante calor del microondas en dos resinas comerciales indicadas especialmente para el sector posterior.

### 1.2 Enunciado del problema

“Influencia de la polimerización complementaria por calor (microondas) sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para técnica semi directa, Arequipa 2024”

### 1.3 Descripción del problema

#### Áreas del conocimiento

- Área general : Ciencias de la Salud
- Área específica : Odontoestomatología
- Especialidad : Restauración dental
- Tópico : Materiales dentales, Polimerización

#### Análisis de variables

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	VALORES
INDEPENDIENTE: Resinas nanohíbridas	3M™ Filtek™ P60		
	Estelite® Posterior		
INDEPENDIENTE: Microondas	Tiempo		5 minutos
			10 minutos
DEPENDIENTE: Dureza superficial	Nivel de Dureza	Malo	< 70 HV
		Regular	> 70 y ≤ 90 HV
		Bueno	> 90 y ≤ 110 HV
		Muy Bueno	> 110 y ≤ 130 HV
		Excelente	> 130 y ≤ 170 HV

HV = Microdureza Vickers

### Interrogantes Básicas

- ¿Cuál es la dureza superficial de la resina Filtek™ P60 tras la fotopolimerización convencional, sin tratamiento adicional?
- ¿Cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 5 minutos en la dureza superficial de la resina Filtek™ P60?
- ¿Cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 10 minutos en la dureza superficial de la resina Filtek™ P60?
- ¿Cuál es la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior tras la fotopolimerización convencional, sin tratamiento adicional?
- ¿Cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 5 minutos en la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior?
- ¿Cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 10 minutos en la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior?
- ¿Existe diferencias notorias entre la dureza superficial de las resinas Filtek™ P60 y Estelite® Posterior, con y sin polimerización complementaria mediante microondas?

### Taxonomía de la investigación

Criterio	Descripción	Clasificación
<b>Metodología</b>	Enfoque para evaluar la dureza y polimerización.	Cuantitativo / Experimental <i>in vitro</i> / Comparativo
<b>Finalidad</b>	Propósito principal del estudio.	Comparar materiales / Optimizar técnica de polimerización.
<b>Temporalidad</b>	Diseño en el tiempo del experimento.	Transversal
<b>Enfoque</b>	Naturaleza del estudio.	Aplicado / Analítico.
<b>Variables</b>	Elementos clave medidos o controlados.	<b>Dependiente:</b> Dureza superficial. <b>Independientes:</b> Polimerización adicional con microondas. Tipo de resina.
<b>Población</b>	Muestras.	Cilindros de resinas de las marcas escogidas.

#### 1.4. Justificación del problema

##### 1.4.1. Originalidad

Aunque encontramos innumerables datos sobre las técnicas directas e indirectas en restauraciones, así como las complicaciones que presentan los procesos de polimerización de materiales resinosos, no hay mucha información sobre como algunas técnicas complementarias de calor podrían beneficiar en las propiedades de las incrustaciones dentales con resinas. De acuerdo a este argumento es que creo que el presente estudio podría ser original.

#### **1.4.2. Relevancia científica**

Debería ser importante a nivel científico un estudio como el presente en el que se analiza las técnicas para mejorar las propiedades de los compuestos restauradores resinosos que son usados mayormente en la actualidad en la odontología restauradora.

#### **1.4.3. Relevancia Social**

La técnica exitosa de una restauración con técnica semi directa a base de resinas en el sector posterior depende de la destreza del profesional, pero también depende de la correcta técnica usada. Este éxito repercute directamente en la satisfacción del paciente; es por todo esto que pienso que el trabajo actual tiene una gran importancia dentro de la sociedad.

#### **1.4.4. Interés personal**

El estudio que realizo tiene una importancia crucial para mí, pues con él lograré conseguir graduarme como una cirujana dentista, lo que me proporcionará en un futuro desarrollarme tanto en lo profesional como en lo personal.

#### **1.4.5. Viabilidad**

Se cuenta con una amplia variedad de literatura y bibliografía referente al tema, así como recursos de internet y de infraestructura laboratorial. Y también es que cuento con recursos y tiempo disponible para poder desarrollar el estudio.

## 2.- OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Determinar las diferencias existentes entre la dureza superficial de las resinas Filtek™ P60 y Estelite® Posterior, con y sin polimerización complementaria mediante microondas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar cuál es la dureza superficial de la resina Filtek™ P60 tras la fotopolimerización convencional, sin tratamiento adicional.
- Determinar cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 5 minutos en la dureza superficial de la resina Filtek™ P60.
- Determinar cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 10 minutos en la dureza superficial de la resina Filtek™ P60.
- Determinar cuál es la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior tras la fotopolimerización convencional, sin tratamiento adicional.
- Determinar cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 5 minutos en la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior.
- Determinar cuál es la influencia del calor complementario con microondas durante 10 minutos en la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Marco Conceptual

##### 3.1.1 Resinas

###### a) Definición

Desde principios del siglo XX, los dentistas han utilizado una amplia gama de materiales para reparar dientes dañados por afecciones como caries u otras alteraciones. Estudios clínicos han permitido eliminar algunos componentes dentales o mejorar significativamente su estado. Actualmente, existe una amplia gama de productos de reparación inmediata. Esta situación es compleja de abordar para los dentistas en circunstancias normales. Los fabricantes utilizan una estrategia de marketing demasiado agresiva, lo que nos lleva a una pregunta clave: ¿qué producto químico es el más eficaz para la restauración inmediata? (5).

Es responsabilidad del dentista realizar una evaluación precisa de la clasificación del paciente, además de los contextos clínicos particulares en los que opera. Existen tres tipos de materiales de restauración directa que suelen estar disponibles en el mercado: resina compuesta, amalgama de plata y composites ionoméricos. Además, tras realizar la investigación necesaria, sería ventajoso para el profesional concluir que el enfoque directo es la estrategia más eficaz para tratar al paciente. Gracias a esto, los profesionales pueden comprender mejor las cualidades fundamentales asociadas con cada sustancia de restauración directa. Por lo tanto, es vital que el profesional tenga un conocimiento básico de los materiales dentales para obtener la información necesaria para elegir y utilizar correctamente un material de restauración directa en un contexto clínico específico (5).

Debido a que los materiales a base de resina son más eficaces para mantener la salud de las estructuras dentales y proteger la vida pulpar mediante restauraciones de adhesión directa, son los preferidos en situaciones clínicas específicas que incluyen la pérdida de tejido duro. Mediante el uso de materiales a base de resina, se logra este efecto. La capacidad de estas restauraciones para igualar el color del diente es fundamental, y su correcta aplicación garantiza su estabilidad y resistencia.

Los adhesivos y las resinas compuestas que se han introducido en el mercado odontológico han experimentado modificaciones sustanciales desde su introducción. Hubo un tiempo en que eran materiales sencillos, monocromáticos e inherentemente "universales". Actualmente, se ofrecen en una increíble variedad de tonos, texturas y grados de transparencia en todo el mercado (6).

En odontología, las resinas compuestas se utilizan con mayor frecuencia para restaurar o reemplazar dientes perdidos y otros componentes dentales. La incorporación de estos elementos a la estructura dental puede lograrse mediante materiales restauradores alternativos o resinas compuestas complementarias. Los pacientes completamente edéntulos pueden ser candidatos para la creación de una prótesis. Estas prótesis se unen a una base que se apoya en el tejido blando que rodea el maxilar y la mandíbula. Esta prótesis es un tipo de prótesis dental. Se espera que el sistema masticatorio vuelva a funcionar con normalidad (7).

La restauración del tejido perdido dentro del mismo material como consecuencia de caries, fracturas, abrasión o decoloración presenta una dificultad considerable. Esto se debe a que el bloque restaurador y el tejido dental poseen propiedades muy distintas, en particular las mecánicas.

En comparación con una estructura orgánica equivalente a la del sellador, las diferencias previstas se producirán principalmente entre una estructura cerámica (esmalte compuesto principalmente de hidroxiapatita) o una mezcla de materiales cerámicos y orgánicos (dentina compuesta de hidroxiapatita y colágeno) y una estructura orgánica (8).

En 1960, el Dr. Bowen logró la combinación eficaz de una fase orgánica conocida como BIS-GMA con una fase inorgánica conocida como cuarzo. Un ejemplo de este tipo de material es una resina compuesta. Dos fases distintas y un núcleo nucleado conforman la estructura. En estas fases están presentes una fase orgánica reactiva continua y una fase inorgánica inerte discontinua, lo que permite su diferenciación. La presencia de vinilsilano contribuye a mejorar la adhesión de ambas fases. El diseño desarrollado por Bowen no ha sufrido modificaciones. Con el tiempo, el componente orgánico ha sufrido ligeras modificaciones. La introducción de moléculas de baja viscosidad (UDMA), que reducen la contracción durante el proceso de polimerización, es una de las mejoras

implementadas desde el principio. El componente inorgánico experimentó la alteración más significativa, resultando en una reducción de su tamaño inicial de 20 a 50 micrómetros a los rellenos de escala nanométrica que se utilizan actualmente ( $1 \text{ nm} = 0,001 \text{ }\mu\text{m}$ ) (9).

Las resinas dentales son materiales compuestos que se utilizan comúnmente en odontología para reparar dientes rotos o mejorar su aspecto. Este es un enfoque moderno y actual. Una matriz de polímero orgánico y partículas de refuerzo inorgánicas se integran en una sola estructura para formar estos materiales. La fabricación a medida mediante impresión 3D también es una opción, además de la incorporación de avances como propiedades antibacterianas y autoadhesivas. El desarrollo de estos avances ha permitido crear restauraciones más duraderas, eficaces y de aspecto más natural (10).

#### **b) Composición de las resinas:**

En el campo de las restauraciones dentales, las resinas acrílicas fueron los primeros polímeros en utilizarse. Alcanzaron cierto éxito durante la década de 1940 y principios de la de 1950; sin embargo, para superar problemas como la resistencia al desgaste, un alto coeficiente de expansión térmica y una contracción considerable durante el proceso de polimerización, los fabricantes se vieron obligados a incorporar partículas inorgánicas al material. La matriz polimérica y las partículas de relleno presentaron una adhesión insuficiente, lo que provocó la falla del material, la decoloración en los fluidos orales y una reducción de la resistencia al desgaste debido al desprendimiento completo de las partículas de relleno de la superficie. El Bis-GMA fue presentado por primera vez a la profesión odontológica por R. L. Bowen a mediados de la década de 1960. La interacción entre el bisfenol A y el metacrilato de glicidilo da lugar a la síntesis de esta molécula química. Se le añade una mezcla de partículas de relleno silanizadas, capaces de formar enlaces químicos con la matriz orgánica. En comparación con el metacrilato de metilo, el bis-GMA posee una serie de ventajas notables, incluido un mayor peso molecular y una tasa de contracción reducida durante el proceso de polimerización (5).

Los componentes de las resinas modernas son:

- **Matriz de resina:**

Es una práctica común que la matriz de resina esté compuesta de dimetacrilato de uretano (UDMA) o metacrilato de glicidilo de bisfenol A (Bis-GMA). Las resinas compuestas están compuestas de monómeros que experimentan polimerización, lo que resulta en un aumento en las capacidades de resistencia del material. Tanto el Bis-GMA como el UDMA tienen un alto peso molecular, lo que provoca que tengan una viscosidad pegajosa a temperatura ambiente. Esto dificulta la incorporación del relleno en la matriz de resina. Los fabricantes utilizan diluyentes a base de dimetacrilato para mejorar la aplicación de sus productos en entornos clínicos. El dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) y el dimetacrilato de etileno (EDMA) son los principales diluyentes que se utilizan con este producto. La adición de estos diluyentes hace que la contracción que ocurre durante la polimerización de las resinas compuestas sea mucho más severa. Para prolongar la vida útil del fármaco, el fabricante añade un inhibidor de polimerización a la matriz orgánica, además de los diluyentes incluidos. El principal inhibidor es la hidroquinona, que se utiliza en concentraciones inferiores al 0,1 % en peso. El bis-EMA (dimetacrilato de polietilenglicol y bisfenol A) es la matriz de resina utilizada por algunas marcas comerciales de resinas compuestas. Según los fabricantes de estos materiales, esto ayuda a prevenir la contracción que se produce durante el proceso de polimerización. Es posible que, en un futuro próximo, ciertas resinas compuestas tengan una matriz de resina que presente una menor contracción durante el proceso de polimerización (5).

- **Partículas de carga:**

La producción de Bis-GMA permitió fusionar partículas inorgánicas con la matriz orgánica, lo que mejoró las propiedades físicas del material. El primer

relleno empleado en compuestos resinosos fue el cuarzo, y aún se utiliza en sustancias resinosas.

La sílice coloidal y el vidrio de fluorosilicato de aluminio son dos ejemplos de rellenos alternativos que han sido posibles gracias a los recientes avances en las capacidades de las resinas compuestas dentales. Gracias a la adición de bario y estroncio, la radiopacidad del material ha mejorado significativamente. Los avances recientes en resinas compuestas han incluido la incorporación de nanopartículas en el proceso de formulación. En comparación con las resinas compuestas híbridas y microhíbridas, estas resinas presentan una mayor suavidad y una mayor resistencia al desgaste. Mediante el uso de rellenos, se ha logrado reducir la cantidad de matriz orgánica, un componente esencial de las resinas compuestas. Se ha observado una reducción de la contracción de polimerización y de la absorción de agua, lo que se traduce en una mejora de la resistencia al desgaste. Como resultado del aumento de la viscosidad, el material ha mostrado un cambio en su comportamiento reológico. La cantidad de rellenos que se pueden incorporar está limitada tanto por el tipo como por la cantidad empleada. Debido a que las partículas de relleno más pequeñas tienen una mayor superficie dentro del mismo volumen de material, resulta difícil integrarlas en cantidades considerables. Esto se debe a que pueden aumentar la viscosidad y dificultar el rendimiento de las aplicaciones terapéuticas (5).

#### - **Organosilano**

Para que las resinas compuestas alcancen su máximo potencial en términos de rendimiento mecánico, es fundamental que las partículas de relleno establezcan una unión sólida con la matriz orgánica. Esta unión se facilita gracias al silano. La formación de una unión adhesiva fuerte y fiable es posible gracias a los silanos, moléculas capaces de adherirse químicamente tanto a la matriz orgánica como a la superficie del relleno. Gracias a la combinación de estos componentes químicos, la resina compuesta puede operar de forma cohesiva bajo tensión. Esta tensión se transmite a través de la unión adhesiva producida por el silano. Gracias a esta combinación, se solucionó el problema de la adhesión insuficiente entre la matriz y el relleno,

que provocaba fracturas y reducía la resistencia del material en entornos clínicos (5).

- **Componentes iniciadores:**

Estos compuestos, al activarse durante el proceso, son responsables de iniciar la reacción de polimerización de las resinas compuestas. La amina terciaria presente en las resinas químicamente activadas es responsable de la descomposición del peróxido de benzoilo y del inicio del proceso de autopolimerización al combinarse la pasta base y el catalizador. La canforquinona, que actúa como iniciador en las resinas compuestas fotoactivadas, se activa con luz visible a aproximadamente 470 nanómetros, lo que le permite interactuar con la amina terciaria (5).

Una estructura molecular capaz de adoptar diversas configuraciones y conformaciones es lo que distingue a los polímeros de otros tipos de moléculas. Los polímeros están compuestos de moléculas alargadas. El estudio que se presenta aquí explica las propiedades básicas de los polímeros. La longitud de la cadena, la reticulación, el grado de ramificación y la orientación de la cadena son características esenciales de los polímeros que influyen en las cualidades de los materiales poliméricos. Estas características están relacionadas con la estructura del polímero. Gracias a ellas, los materiales poliméricos se distinguen de otros tipos de materiales. La polimerización es un proceso que ocurre continuamente entre moléculas y puede continuar indefinidamente debido a la funcionalidad de las moléculas implicadas. Todas las moléculas que componen los polímeros se consideran macromoléculas. Cualquier compuesto químico con una masa superior a 5000 daltons se considera una macromolécula. Es muy poco común que el peso molecular de una molécula de polímero supere los cincuenta millones (7).

**c) Clasificación de las resinas:**

Se acostumbra utilizar la distribución recomendada Pablo Abate del 2003, en las que se puede diferenciar las resinas en:

**- Resinas Microparticuladas:**

El tamaño del relleno de las resinas de macropartículas generó dos problemas importantes: la dificultad de limpieza y la acumulación de placa en sus superficies. Como parte de la estrategia sugerida, se redujo significativamente el tamaño de las partículas de relleno inorgánico. No fue hasta finales de la década de 1970 que se comercializaron las primeras resinas de micropartículas. Según las mediciones, el relleno tenía un tamaño submicrónico ( $0,04 \mu\text{m}$ ) y representaba entre el 35 % y el 67 % del peso total.

Para fabricar un relleno cerámico orgánico, la industria primero inserta partículas submicrónicas adicionales en una matriz orgánica polimerizada. Esta matriz se muele o tritura durante el proceso de fabricación. Posteriormente, esta molécula se absorbe en un componente orgánico adicional, no polimerizado, que contiene relleno inorgánico. El tamaño de partícula produce una mejora gradual en el proceso de pulido. Por otro lado, características como la contracción por polimerización, el coeficiente de expansión térmica y la absorción de agua son superiores a las de los materiales anteriores. Por otro lado, la resistencia mecánica y la rigidez no son muy elevadas. Las superficies oclusales de los molares y los bordes incisales de los dientes frontales son dos ejemplos de zonas no aptas para estas partículas debido a su propensión a la fractura. Estas zonas son susceptibles a tensiones severas. Las restauraciones de clase 3 y clase 5, que requieren flexibilidad (bajo módulo de elasticidad) y excepcionales propiedades de pulido, son las únicas que pueden utilizar estas restauraciones (9).

- **Resinas Híbridas:**

Estos materiales ofrecen la ventaja de tener partículas grandes y pequeñas en su composición. El tamaño de los rellenos puede variar desde centésimas de micrómetro ( $0,04 \mu\text{m}$ ) hasta un micrómetro ( $1$  a  $4 \mu\text{m}$ ), y representan alrededor del sesenta por ciento del peso total. Esto no solo facilita el pulido, sino que también demuestra un módulo de elasticidad muy alto, una gran resistencia mecánica y una buena radiopacidad.

Esta categoría se agrupa en diversas formas. Las resinas híbridas tienen un tamaño de partícula promedio de  $0,7 \mu\text{m}$ , mientras que las resinas microhíbridas tienen un tamaño de partícula promedio mayor, de  $0,6 \mu\text{m}$ . Un tipo particular de resina se conoce como resinas compactables. Estas resinas tienen un tamaño de partícula promedio comparable al de las resinas híbridas; sin embargo, su contenido en peso es superior al 80 por ciento, lo que resulta en una mayor densidad.

Gracias a su diseño especial, es posible emplear resinas híbridas tanto para restauraciones anteriores como posteriores. Debido a su alto contenido de relleno, que produce opacidad, las resinas desarrolladas para aplicaciones posteriores no son apropiadas para su uso en restauraciones anteriores (9).

- **Resinas Nanoparticuladas:**

Con partículas que varían en tamaño de  $5$  a  $75$  nanómetros y un peso superior al 60%, este tipo de resinas son relativamente nuevas y de vanguardia en sus capacidades tecnológicas. Es necesario que una estructura tenga al menos una dimensión entre  $0,1$  y  $100$  nanómetros para que se considere nanotecnológica. Debido a su crecimiento, las organizaciones se ven obligadas a utilizar estructuras y sistemas operativos que incluyan nuevas funciones. Deben ser capaces de modificar y manipular materiales a nivel atómico y molecular para realizar su trabajo eficazmente.

Los compuestos de nanopartículas presentan diversas ventajas, como su facilidad de pulido en comparación con las resinas microrrellenas, su resistencia comparable o superior a la de las resinas híbridas, su índice de desgaste comparable o inferior a la de las resinas híbridas, sus propiedades reológicas mejoradas y su color y opacidad son adecuados para aplicaciones

monocapa o multicapa. Están diseñados para su uso tanto en la cara frontal como en la posterior. Son la mejor opción gracias a su excepcional transparencia, lo que los convierte en la mejor opción cuando esto es crucial. No es de extrañar que sean fáciles de limpiar y que mantengan su brillo (9).

- **Resinas Nanohíbridas:**

Este tipo de resina contiene partículas de relleno diminutas, con dimensiones medidas en micrómetros y nanómetros. Esta combinación se aplica a las restauraciones dentales para mejorar tanto su aspecto como su tacto. Las nanopartículas facilitan la limpieza de la superficie y mantienen su brillo, mientras que las partículas más grandes la hacen más resistente al desgaste y más duradera. Gracias a esta combinación, son compatibles con restauraciones en zonas sometidas a un daño masticatorio considerable. Al ser las resinas más recientes en el mercado, también se las conoce como resinas de nueva generación (11).

d) **Requisitos que debe presentar una resina ideal:**

• **Propiedades físicas:**

Para resistir la masticación, los impactos y el desgaste significativo en la boca, la resina debe ser robusta, flexible y lo suficientemente dura como para soportarlos. Es necesario que el material demuestre que puede mantener su forma en cualquier circunstancia, incluso sometido a variaciones de carga y temperatura. En el caso de las prótesis maxilares, la densidad de todas las resinas empleadas debe ser mínima (7).

• **Fácil y sencilla manipulación:**

Es fundamental que la resina no emita partículas ni vapores potencialmente dañinos durante su manipulación. La mezcla, la inserción, el moldeado y la fotopolimerización se simplifican gracias a su rápido fraguado y a que no

requiere manipulación previa. El tiempo de fraguado no debe ser mayor del necesario. Problemas clínicos como la contaminación por saliva y sangre, así como la obstrucción del flujo de oxígeno, son ejemplos de preocupaciones que deberían tener poca o ninguna influencia en los resultados de cualquier método de manipulación. Además, el producto final debe permitir un pulido sencillo y uniforme, y en caso de daños inevitables, su reparación debe ser rápida y sencilla (7).

- **Estética superior:**

El material debe ser transparente para que tenga la apariencia de los tejidos orales que se pretende reemplazar. Es necesario que la resina pueda teñirse o colorearse, pero una vez fabricada, su color o apariencia no debe alterarse (7).

- **Compatibilidad biológica:**

Además de ser inodora e insípida, la resina no debe ser dañina ni irritar los tejidos bucales. Es fundamental que no se degrade en la saliva ni en ningún otro fluido bucal para cumplir con estas recomendaciones. Además, debe ser resistente a los fluidos bucales para evitar un sabor u olor desagradable y mantener su propia limpieza. La resina utilizada para obturar una caries o unir un diente debe fraguar rápidamente y adherirse eficazmente a la estructura del diente para su éxito. En consecuencia, esto inhibe la formación de gérmenes en la unión entre el diente y la restauración (7).

- **Buena estabilidad química:**

Si bien los polímeros de metacrilato son capaces de cumplir con todas estas condiciones ideales con la precisión adecuada, ninguna resina puede satisfacer todas estas necesidades. Debido al mal estado de la boca, es necesario utilizar materiales químicamente estables e inertes para evitar que el problema se agrave (7).

**e) Resina 3M™ Filtek™ P60. Especificaciones y características:**

Filtek P60, un composite atractivo, fotopolimerizable y radiopaco para restauraciones posteriores, está disponible. Se trata de un método incremental con un grosor de entre 2 y 2,5 milímetros, desarrollado principalmente para restauraciones posteriores directas o indirectas. Para establecer una unión estructural entre los dientes, se utiliza un tratamiento adhesivo dental, como Single Bond 2 o Single Link Universal. Además de su mayor resistencia, es muy compacto y no se contrae al polimerizarse (12).

**Ventajas:**

- Excelentes cualidades de manejo que favorecen la condensación, permanecen inertes hasta la polimerización, proporcionan una adaptabilidad marginal excepcional y garantizan un flujo y una viscosidad excelentes para restauraciones de Clase I y Clase II.
- El tiempo de exposición es corto, necesitándose aproximadamente 20 segundos para fotopolimerizar una capa de 2,5 mm.
- Sus increíbles propiedades físicas lo hacen muy resistente al desgaste, muy fuerte, menos propenso a encogerse y más propenso a romperse, lo que hace que las reparaciones sean más seguras (12).

**Indicaciones de uso:**

- Obturaciones de clase I y II en dientes posteriores con técnica directa
- Reconstrucción de muñones
- Restauración de cúspides y reposición de anatomía.
- Técnica con base de ionómero de vidrio.
- Ferulización de piezas dentales.
- Restauraciones posteriores técnica indirecta de incrustaciones (12).

**f) Resina Estelite® Posterior. Especificaciones:**

ESTELITE® POSTERIOR está diseñado para lograr mejores restauraciones posteriores y facilita la realización de restauraciones fiables, fáciles de trabajar, resistentes y que se polimerizan en tan solo 10 segundos. El revolucionario método de inicio de Tokuyama, denominado "Tecnología de Fotocurado Radical Amplificado (RAP)", permite a ESTELITE® POSTERIOR ofrecer a los dentistas un periodo de polimerización más corto, a la vez que les proporciona el tiempo necesario para trabajar (13).

**Características y beneficios:**

- Presenta un manejo ideal: poca rigidez, fácil de moldear, manipulable, no se pega.
- Resistencia físicamente superior: Alta resistencia a la compresión y la flexión
- Diversos tonos para la zona posterior: PA1, PA2, PA3, PCE (transparencia de esmalte)
- Rápido tiempo de fotocurado: al menos 10 segundos con lámpara de luz halógena ( $\geq 400$  mW/cm<sup>2</sup>)
- Excelente tiempo para trabajarla: mínimo de 50 segundos bajo una luz de ambiente (10 000 lx) (13).

**Indicaciones de uso:**

- Obturaciones en zona posterior de técnica directa.
- Reparación de porcelana/resinas.
- Incrustaciones de técnica directa (13).

### 3.1.2 Polimerización

#### a) Conceptos, Definición e Historia:

Cuando las resinas dentales se someten a fotopolimerización, los monómeros de la base orgánica se transforman en una estructura polimérica tridimensional. Esta transformación se logra mediante una reacción química. En la mayoría de los casos, una fuente de luz que activa fotoiniciadores como la canforquinona es la que inicia este proceso. Para que la reparación tenga sus características mecánicas y estabilidad, este proceso es fundamental. Sin embargo, también reduce el volumen de la restauración, lo que puede generar tensión en la interfaz entre el diente y la restauración, lo que puede afectar su durabilidad en la clínica. Los avances recientes en la composición de las resinas y el uso de fotoiniciadores han mejorado la eficiencia de la polimerización, la contracción y la conformabilidad y belleza de los materiales restauradores en los bordes (14).

El uso de materiales fotoactivados en tratamientos dentales es una práctica común entre numerosos profesionales. Resinas compuestas, adhesivos dentinarios, cementos de resina, bases cavitarias, materiales restauradores temporales, barreras gingivales, geles blanqueadores, cementos quirúrgicos y selladores de fosas y fisuras son algunos ejemplos de productos fotoactivados disponibles en el mercado odontológico. La duración de la activación, la potencia y otras características de cada fármaco o procedimiento de tratamiento varían significativamente entre sí.

Un conocimiento profundo de las propiedades fisicoquímicas y de manipulación de los materiales dentales, junto con un conocimiento de las unidades de fotoactivación (incluyendo su función fundamental, indicaciones de uso, características ergonómicas y propiedades físicas de la luz emitida), contribuye a aumentar la seguridad de la aplicación y a reducir la tasa de fallos en los protocolos clínicos fotodependientes para profesionales (5).

En la década de 1970, se inició el proceso de activación física de la polimerización de resinas compuestas y materiales restauradores. Este enfoque se desarrolló para facilitar el proceso. Para proyectar rayos ultravioleta (UV) sobre la superficie del diente durante un periodo de veinte a treinta segundos, Buonocore diseñó un

reflector intraoral conectado a una fuente de luz. Descubrió que este tipo de luz era lo suficientemente intenso como para polimerizar un tipo específico de pegamento (utilizado para rellenar fisuras y fosas).

Los fotoiniciadores activados por luz ultravioleta se utilizaron en el desarrollo de los primeros materiales de resina activados por luz, diseñados para su uso en clínicas dentales. Nuva-Lite®, fabricado por Caulk y comercializado en Estados Unidos, fue el primer fotoactivador comercializado a nivel mundial. Se utilizó una lámpara que emite luz ultravioleta (5).

La aplicación de estas ideas supuso un cambio radical en la forma de realizar tratamientos restauradores. Gracias a estas tecnologías, ya no es necesario combinar pastas para iniciar el proceso de polimerización química. Como resultado, los radicales amina ya no están presentes en las composiciones de resina compuesta. En las restauraciones cosméticas directas, que a menudo se realizaban exclusivamente en la superficie frontal, esto permitió una reducción significativa de los problemas de inestabilidad del color y porosidad, frecuentes en estos procedimientos. La tecnología de fotopolimerización ha avanzado significativamente en los últimos años, uno de los cuales es el control exhaustivo del tiempo de trabajo (5).

A pesar de estos avances, diversas investigaciones científicas han demostrado que la radiación ultravioleta no penetra lo suficiente, lo que impide que el proceso de polimerización se lleve a cabo correctamente. Esto da lugar a restauraciones mecánicamente débiles, propensas a fallos en la retención, mal adaptadas y con un desagradable tono amarillento opaco. Este tipo de radiación causa un daño significativo a la pulpa y las encías. Este método de activación tiene una vida útil más corta en las consultas odontológicas debido a estos problemas, así como a que la radiación ultravioleta puede ser perjudicial para los profesionales, los pacientes y el personal de apoyo. En consecuencia, los dispositivos fotoactivados que utilizan luz de lámparas halógenas están reemplazando rápidamente este sistema de activación. Gracias a la mayor concentración de esta luz, las resinas compuestas se han convertido en un medio de producción más eficaz. Por ello, las reparaciones son más duraderas, menos propensas a mancharse y a acumular agua. Por esta

razón, se ha considerado durante mucho tiempo como el tratamiento con luz más seguro y eficaz (5).

Los dispositivos emisores de luz se han vuelto necesarios en el campo de la práctica clínica restauradora como resultado del desarrollo de materiales restauradores y adhesivos dentales, así como de la implementación generalizada de diversos tratamientos restauradores directos e indirectos que utilizan la fotoactivación. Si bien se han producido avances en los materiales y la tecnología de fotoactivación, aún existen problemas importantes relacionados con los materiales fotoactivados y los regímenes de tratamiento asociados. Estos son problemas comunes. Diversos estudios han demostrado que la combinación de la energía proporcionada por fuentes de luz con diversas resinas compuestas y otros materiales fotosensibles disponibles para uso comercial puede alcanzar una tasa de polimerización o conversión de monómeros de hasta el sesenta por ciento. Esta baja tasa de conversión da lugar a reparaciones mecánicamente inferiores y menos duraderas. Estas reparaciones también incluyen una cantidad considerable de monómeros adicionales, lo que reduce su biocompatibilidad y su durabilidad (5).

Inicialmente, parecía que el uso de alta energía de polimerización era el enfoque más eficaz para lograr mayores tasas de conversión de monómeros y producir reparaciones de mejor calidad y mayor durabilidad. Para obtener mayor energía de polimerización y, al mismo tiempo, minimizar la duración de los ciclos de luz necesarios para polimerizar cada capa de las reparaciones directas, las máquinas más avanzadas utilizan fuentes de luz más potentes, como los arcos de plasma. El aumento de la energía de polimerización indujo una mayor contracción, lo que a su vez debilitó tanto la interfaz adhesiva de la reparación como la integridad estructural del material polimerizado. Como resultado, los efectos terapéuticos declarados solo se lograron parcialmente. Los elevados gastos tanto de su adquisición como de su mantenimiento fueron otro motivo de preocupación.

La alternativa más actual a las lámparas de fotoactivación es el uso de dispositivos de fotoactivación basados en la tecnología de diodos emisores de luz (LED). Se utilizan diodos, que son dispositivos que emiten luz en ciertas bandas de longitud de onda. Gracias a su resistencia y ligereza, facilitan considerablemente la carga de la batería. Existe una gran variedad de marcas y variantes de estos dispositivos

disponibles en el mercado. Los profesionales los valoran por su bajo costo y facilidad de uso (5).

La fotoquímica investiga el proceso de generación de compuestos o elementos mediante el uso de luz intensa para iniciar reacciones químicas. Para que el proceso de fotocurado sea exitoso, el material en cuestión debe ser capaz de absorber rápidamente los rayos de luz. La absorción se ve influenciada por diversos factores importantes, como la longitud de onda de la radiación entrante y las características de la estructura que reacciona con ella.

Para satisfacer la necesidad de nuevos materiales, se crearon dispositivos de fotocurado. Además de ser el primer tipo de luz utilizada, las lámparas halógenas existen desde hace tiempo. Desde principios de la década de 2010, el plasma y el láser se han utilizado en la odontología actual. Tiempo después, se inventaron las lámparas de diodos emisores de luz (LED), que permitieron a dentistas de todo el mundo crear restauraciones de resina compuesta con una tecnología excepcional. Esta práctica aún se practica (15).

En el campo de la química de los alquenos, la polimerización vinílica es un proceso que tiene lugar entre moléculas insaturadas, especialmente aquellas que poseen dobles enlaces carbono-carbono. El término "polimerización vinílica" proviene del hecho de que los grupos químicos que incluyen dobles enlaces se denominan "vinilo". Para llevar a cabo este tipo de polimerización, se requieren monómeros con dobles enlaces, en particular monómeros vinílicos. El ejemplo más ilustrativo es la molécula de etileno, a veces denominada eteno. Es posible que las moléculas más complejas tengan más de un doble enlace o grupo químico que funcione en conjunción con otro. Existe un único método por el cual cada uno de estos grupos puede producir polímeros. Los dobles enlaces, que indican que algo es muy inestable y tiene el potencial de descomponerse en poco tiempo, activan moléculas con valencias libres. Estas valencias libres no pueden existir de forma independiente; por lo tanto, son complementarias entre sí, lo que les permite unirse a las moléculas y crear el polímero deseado. Al referirse al monómero, a menudo se utiliza en la oración el prefijo "poli", como en poli(etileno) (16).

En odontología, es crucial utilizar la fotopolimerización para garantizar que las restauraciones dentales presenten las cualidades funcionales, mecánicas y estéticas necesarias. Hay tres factores que determinan la eficacia de esta estrategia:

- **Tipos de lámparas para polimerizar:** Existen otras fuentes de luz, como las luces halógenas y las bombillas LED, entre otras. El desarrollo de la iluminación LED ha sido extraordinario. Presentan un menor consumo de energía, no requieren ventiladores y una mayor vida útil sin reducir la luminosidad (17).
- **Duración e intensidad de la exposición:** La exposición correcta es esencial para lograr la mejor polimerización posible. Es posible que treinta segundos sean suficientes, dadas las múltiples ventajas que ofrecen las luces LED. Para colmo, la fotopolimerización puede continuar hasta veinticuatro horas después de retirar la fuente de luz. Esta etapa se conoce como "fase oscura" del procedimiento (17).
- **Nivel de profundidad de fotocurado:** Para lograr una polimerización homogénea, es necesario que la luz pueda penetrar la resina. Debido a la mayor concentración de fotoiniciadores activos en la zona más cercana a la fuente de luz, el proceso de polimerización será más completo en esa región (17).

La eficacia de la restauración puede verse afectada si el proceso de fotopolimerización no se realiza correctamente, lo que puede provocar decoloración, irritación pulpar, sensibilidad postoperatoria o incluso la cancelación de la restauración. Es fundamental elegir la fuente de luz adecuada, calcular la duración de exposición correcta y considerar las características únicas del material para garantizar el buen rendimiento de las restauraciones dentales en la clínica (17).

#### **b) Polimerización complementaria:**

La polimerización adicional de las resinas compuestas es una fase adicional que se lleva a cabo tras la primera etapa del proceso de fotopolimerización convencional. Su objetivo principal es facilitar la transformación de los monómeros en polímeros.

Esto reduce la cantidad de monómeros adicionales que podrían alterar las características químicas, físicas y biológicas de la resina compuesta (18).

El trabajo puede realizarse fuera de la boca, donde el calor, la presión y la luz se pueden controlar con precisión para mejorar la calidad final del material restaurador. Esta etapa es fundamental para las restauraciones indirectas o semidirectas, ya que permite realizar el trabajo fuera de la boca (19).

Entre las técnicas de polimerización complementaria más comunes, encontramos:

- **Post-curado térmico:** Utilización de energía térmica en un horno o microondas para mejorar la movilidad de las cadenas de polímeros y facilitar una mayor conversión de monómeros (20).
- **Post-curado bajo presión y calor:** Se utilizan cámaras designadas para combinar presión con calor, lo que produce una mayor densidad de polimerización, una porosidad reducida y propiedades mecánicas superiores (21).
- **Exposición prolongada a luz de alta intensidad:** Se aumenta la duración del curado o la intensidad de la luz para mejorar la tasa de conversión (22).

Algunas de las ventajas de la polimerización complementaria, pueden ser:

- Una mayor dureza superficial.
- Una mejor resistencia a la flexión.
- Menor desgaste de la superficie.
- Menor monómero residual y menos efectos de toxicidad (18) (21).

### **Aplicaciones clínicas:**

Se recomienda la polimerización complementaria para restauraciones inlay/onlay, coronas parciales, carillas indirectas y técnicas de restauración semidirectas en piezas dentales con previo tratamiento de endodoncia, cuando el remanente dental restante y una resistencia mecánica robusta son fundamentales (19) (22).

### 3.1.3 Dureza y Microdureza superficial

#### a) Definición y conceptos:

Cuando se expone a una fuerza, la capacidad de un material para resistir la deformación permanente se denomina dureza. Esta capacidad es especialmente importante cuando la fuerza aplicada proviene de una sustancia más dura. La resistencia del material a diversas causas, como el rayado, la abrasión, la indentación y la deformación, es un factor importante en esta afirmación (23).

La dureza superficial de una sustancia se determina por la profundidad a la que es posible perforar la superficie del material. En la primera versión de la prueba de dureza superficial, se emplearon dos materiales diferentes, uno de los cuales era menos duro que el otro. El objetivo de la prueba era determinar si la sustancia más dura podía rayar la superficie del material más blando. Realizar esta prueba permitió determinar la dureza superficial del material. Un penetrador es un dispositivo que funciona aplicando presión a la superficie de un material para determinar su dureza. La dureza de los objetos puede evaluarse teóricamente de esta manera, según la teoría. Cuando se indentan materiales flexibles, el resultado son ranuras prominentes y anchas, lo que dificulta la determinación de su dureza (24).

Por otro lado, la prueba de microdureza superficial de un material ligero implica determinar el grado de dureza presente en ciertas partes de la superficie. En particular, esta prueba es muy útil para evaluar materiales delgados, recubrimientos superficiales o microestructuras inusuales, y es especialmente útil en contextos a pequeña escala, como la odontología (25).

Seguidamente podremos observar las principales diferencias entre microdureza y dureza:

- La escala de dureza general y la escala de microdureza superficial son las dos categorías que se utilizan para clasificar las escalas de medición. Mientras que la microdureza superficial se centra en microestructuras individuales o características superficiales localizadas, la dureza general

evalúa la resistencia general de un material a la deformación. La dureza general abarca todo el material (26).

- En general, las pruebas de dureza incluyen el uso de pesas e indentadores de gran tamaño, y se emplean los métodos Rockwell y Brinell para evaluar los resultados. Para determinar el nivel de dureza, se emplean diversas pruebas. En el proceso de microdureza, se emplean pesas e indentadores pequeños, especialmente cuando se emplean los procedimientos Vickers o Knoop. Esto garantiza que incluso las zonas más pequeñas puedan estudiarse sin dañar considerablemente la muestra debido al análisis (26).
- Al ofrecer una evaluación completa de la resistencia de materiales más grandes y homogéneos, la dureza volumétrica es un método adecuado para evaluar este tipo de materiales. El método más común para determinar el grado de dureza presente en ciertas regiones de un material se conoce como microdureza superficial. El uso de materiales heterogéneos, películas delgadas y recubrimientos también son aplicaciones aceptables (25).

El durómetro, que cuenta con penetradores de diferentes formas, como esferas y pirámides de acero y diamante, es el principal instrumento para medir la dureza. El evaluador o investigador decide la duración de la prueba y la fuerza que se aplicará sobre estos penetradores (24).

La prueba de microdureza Vickers se encarga de calibrar la respuesta del material ante a la deformación mediante un indentador de diamante con forma de pirámide cuadrangular y un ángulo de  $136^\circ$  entre sus lados. Tras aplicar la fuerza, se mide la longitud de las dos diagonales de la indentación y se obtiene el número de dureza Vickers (VHN). Esto permite observar la dureza en espacios extremadamente pequeños o en materiales delgados, como metales, cerámicas, polímeros y resinas dentales. Este método es sumamente útil en odontología para evaluar la resistencia a la masticación y al desgaste de diversos materiales restauradores, así como su comportamiento (27).

El grado de microdureza de los materiales dentales se puede medir. Es fundamental evaluar su resistencia a la abrasión, el desgaste y el deterioro en el entorno bucal, y esta característica es crucial para su evaluación. La microdureza se evalúa mediante

pruebas de indentación, en particular las técnicas Vickers o Knoop. Mediante estos métodos, se evalúa la dureza del material en zonas específicas de su superficie (28). Los productos dentales se han sometido a estas pruebas en numerosas investigaciones. Se ha estudiado la microdureza del esmalte dental para determinar la influencia de diversos tratamientos o factores externos en su estructura. Se ha determinado que las resinas compuestas, los cementos de resina y los materiales endodónticos a base de silicato de calcio se han sometido a pruebas de microdureza para evaluar su polimerización, resistencia y durabilidad en condiciones similares a las de la boca (29).

### 3.1.4 Microondas

#### a) Definición:

El horno microondas, a veces llamado "microondas", es un aparato doméstico que se utiliza a menudo para cocinar o recalentar comidas. Funciona generando ondas electromagnéticas a una frecuencia aproximada de 2450 MHz ( $2,45 \times 10^9$  Hz) (30).

#### b) Historia:

Una de las aplicaciones secundarias de la tecnología, creada inicialmente por diferentes motivos, fue el horno microondas. Durante su investigación sobre el radar en 1945, el Dr. Percy Spencer, ingeniero de Raytheon Corporation, observó que una barra de chocolate que llevaba en el bolsillo se había derretido mientras probaba un tubo de vacío de magnetrón. Para determinar si la fusión se debía a las ondas que emanaban del magnetrón, el Dr. Spencer acercó granos de maíz al tubo y observó el fenómeno. El maíz se quebró. Repitió la misma acción, pero esta vez con un huevo. Debido al rápido aumento de temperatura, el huevo se rompió, ya que se había acumulado presión en su interior. Esto lo inspiró a buscar otras opciones alimenticias (31).

La radiación del magnetrón logró infiltrarse en la caja metálica que el Dr. Spencer había construido gracias a sus esfuerzos. Dado que la radiación de microondas estaba contenida dentro de las paredes metálicas, la energía del campo electromagnético no pudo dispersarse y, en cambio, permaneció concentrada dentro de la estructura. La adición de alimentos provocó un aumento de la temperatura. Posteriormente, los ingenieros mejoraron el prototipo creado por el Dr. Spencer y, a finales de 1946, Raytheon solicitó una patente para el uso de microondas en la cocina. Un restaurante de Boston fue el primero en adquirir el horno de prueba, un horno microondas utilizado para cocinar (32).

No fue hasta 1947 que se desarrolló el primer horno microondas para uso comercial. Las primeras variantes eran bastante grandes, con una altura de 1,60 metros y un peso de 80 kilogramos. Debido a su refrigeración por agua, el magnetrón necesitaba su propio circuito independiente. Además, dado que cada uno costaba alrededor de 5.000 dólares, no gozaron de gran popularidad (33).

Gracias al nuevo magnetrón refrigerado por aire, las tuberías de refrigeración se hicieron innecesarias, lo que propició el desarrollo de hornos más fáciles de usar y rentables. Fueron de los primeros en apreciar sus beneficios, y entre ellos, las empresas de comida rápida.

El sector alimentario ha reconocido el potencial y la adaptabilidad de esta tecnología de vanguardia y, como resultado, se ha utilizado en una amplia variedad de aplicaciones. Algunas de estas aplicaciones incluyen el tostado de café y almendras, la descongelación y fritura de carne, el descascarado de ostras y la pasteurización de leche, entre otras. El secado de una amplia variedad de artículos, como corcho, cerámica, papel, cuero, tabaco, fibras textiles, lápices, flores, libros húmedos y cerillas, se logró con su ayuda en diversas disciplinas. El curado de materiales sintéticos, como caucho, nailon y uretano, se logró mediante microondas. Por otro lado, los novedosos "hornos electrónicos de radar" fueron objeto de críticas, lo que retrasó su uso en cocinas domésticas hasta la década de 1970. Los hornos microondas no causaron efectos adversos para la salud, como intoxicación por radiación, ceguera, esterilidad o impotencia. La preocupación en Estados Unidos comenzó a disminuir, lo que condujo a una mayor aceptación y al rechazo de la información inexacta (34).

En 1971, menos del uno por ciento de las familias estadounidenses tenían microondas; para 1978, esa cifra había ascendido al trece por ciento, y para 1986, al veinticinco por ciento. No fue hasta 1975 que las ventas de hornos microondas superaron por primera vez a las de cocinas de gas. En comparación, solo el 4% de los hogares estadounidenses utilizaban microondas para cocinar al año siguiente, mientras que más del 17% de los hogares japoneses también lo hacían. A diferencia de los microondas clásicos, los hornos microondas modernos están equipados con diversas funciones que no estaban disponibles en los modelos anteriores. Estas incluyen temporizadores, sensores de cocción y componentes de calentamiento eléctrico que pueden usarse para asar o preparar comidas (34).

**c) Componentes:**

Un horno de microondas presenta los siguientes componentes (30):

- Una fuente de energía de alto voltaje, a menudo un transformador básico o un convertidor electrónico de energía, que suministra energía al magnetrón.
- Un condensador eléctrico de alto voltaje vinculado al magnetrón, al transformador y conectado a través de un diodo al chasis.
- Un magnetrón de cavidad convierte la energía eléctrica de alto voltaje en radiación de microondas.
- Un circuito de control de magnetrón (generalmente con un microcontrolador).
- Una guía de onda corta (para acoplar la potencia de microondas del magnetrón a la cámara de cocción).
- Un espacio de metal para la cocción.
- Una base giratoria a modo de plato.
- Una pantalla de control que en la actualidad es digital (30).

**d) Funcionamiento del horno de microondas doméstico:**

Existe un aparato conocido como horno microondas que se utiliza para cocinar o calentar alimentos aumentando la temperatura del agua que contiene o de cualquier otro líquido. Para funcionar, genera ondas de radio de alta frecuencia. El calentamiento dieléctrico, también conocido como calentamiento electrónico, calentamiento por radiofrecuencia, calentamiento por alta frecuencia o diatermia, es una técnica que permite que el agua, los lípidos y otros componentes de la dieta absorban la energía generada por las microondas. Este proceso también se conoce como diatermia. Ciertas moléculas, como el agua, tienen una estructura que genera dipolos eléctricos, lo que resulta en una carga parcialmente positiva en un extremo y parcialmente negativa en el extremo opuesto. Esto se debe a que los dipolos son producidos por dichas moléculas. Debido a esto, experimentan fluctuaciones para alinearse con el campo electromagnético fluctuante de las microondas. El aumento de temperatura se produce por la fricción y las colisiones que ocurren durante la rotación. El magnetrón de los hornos microondas es responsable de convertir la energía eléctrica en energía de microondas, que luego penetra en los alimentos. Este proceso es el funcionamiento de los hornos microondas. La radiación de las ondas electromagnéticas provoca la excitación de las moléculas bipolares de la comida, en particular las moléculas de agua, lo que provoca un aumento de temperatura. Esta agitación es un fenómeno físico que se caracteriza por el movimiento directo de las moléculas según una frecuencia. No afecta la composición química de la sustancia, salvo las modificaciones derivadas del aumento de temperatura (30).

El calentamiento por microondas es más eficaz para el agua líquida que para el agua congelada debido a la menor movilidad molecular en estado sólido. El calentamiento es menos eficiente para los lípidos y carbohidratos debido a su menor momento dipolar molecular en comparación con el agua líquida (30).

Existen materiales con conductividad térmica restringida y constantes dieléctricas sensibles a la temperatura, y el calentamiento por microondas puede provocar sobrecalentamiento en estos materiales. El vidrio es un buen ejemplo de este fenómeno, ya que puede experimentar un proceso llamado fuga térmica en un

horno microondas hasta alcanzar su punto de fusión. Las microondas tienen la capacidad de licuar algunos tipos de roca, lo que produce pequeñas cantidades de lava artificial. Durante la solidificación, algunas cerámicas se licúan y adquieren un tono más claro. El concepto de fuga térmica se observa con mayor frecuencia en líquidos conductores de electricidad, como las soluciones salinas (30).

Existe la idea errónea de que los hornos microondas cocinan los alimentos de adentro hacia afuera. La observación de alimentos con un exterior seco y un interior húmedo, que a menudo se caracterizan por ser crujientes por fuera y delicados por dentro, es el origen de esta idea. En alimentos con una estructura estable o una composición física mayormente homogénea, las microondas suelen absorberse de afuera hacia adentro, de forma comparable a otros procesos de cocción térmica. En los hornos microondas, la primera penetración de calor puede alcanzar varios centímetros, dependiendo de la cantidad de agua presente. Esto contrasta con el asado (infrarrojos) o el calentamiento por convección, que solo transmiten calor a la capa superior del alimento. Para determinar el grado de penetración de las microondas, se tienen en cuenta la composición y la frecuencia del alimento. Las frecuencias de microondas más bajas, con longitudes de onda más largas, resultan en una mayor penetración. Las microondas solo penetran los alimentos a una profundidad de dos a cuatro centímetros, lo que provoca que el centro de los alimentos más grandes quede poco cocido. Esto se debe a que las microondas dependen del calor que se crea dentro del horno y se transmite a las superficies expuestas (30).

e) **Aplicación de Polimerización Adicional con Microondas en Resinas Dentales:**

Existe la posibilidad de que la polimerización convencional de resinas compuestas mediante fotopolimerización no logre de forma fiable la conversión completa de monómeros en polímeros. Esto podría resultar en monómeros sobrantes que podrían afectar negativamente las características mecánicas y químicas del material restaurador. Para mejorar la calidad de la polimerización, se ha sugerido el uso de radiación de microondas. Mediante este método, la resina

fotopolimerizada se somete al calor producido por las microondas. Esto resulta en un aumento de la movilidad de los radicales libres aún presentes y una conversión más efectiva de los monómeros que aún no se han vuelto reactivos. Como consecuencia, se observan mejoras en la resistencia a la flexión, la microdureza y la estabilidad dimensional de las restauraciones. Además, la biocompatibilidad y la durabilidad clínica del material mejoran gracias a la menor concentración de monómeros residuales. Para que este procedimiento sea eficaz, es necesario controlar adecuadamente el tiempo y la energía para evitar consecuencias desfavorables como la sobrecarga térmica o la deformación del material (18).



## 3.2 Antecedentes investigativos

### 3.2.1 Internacionales:

- **“Resistencia Flexural de la Resina Compuesta Nanohíbrida sometida a una técnica de Termopolimerización complementaria”. Autor: Sheyla Karol Monteza-Iñiguez. Ecuador. 2021.**

En las reparaciones cosméticas directas, la resina compuesta es actualmente el material de elección. Por otro lado, los procedimientos restauradores indirectos se utilizan en circunstancias clínicas que implican una pérdida considerable de la estructura dental. El objetivo de este estudio fue determinar la resistencia a la flexión de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas adicionales de termopolimerización. Se emplearon veinte bloques de resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill) en una investigación in vitro. Veinte de estos bloques pertenecían al grupo control, veinte se trataron con GE1 (agua calentada a 60 °C durante sesenta minutos) y veinte se sometieron a GE2 (calor seco calentado a 120 °C durante veinte minutos). Según la norma ISO 4049, los bloques deben tener unas dimensiones de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de alto. Se evaluó la resistencia a la flexión de las muestras con una máquina de ensayos universal (MARSHALL PS25) que operaba a 1,7 milímetros por minuto hasta determinar con precisión la resistencia a la flexión previa a la falla del material. La resistencia a la flexión del GC fue de 111,19035 MPa, la del GE1 de 105,30630 MPa y la del GE2 de 115,61820 MPa. Estos resultados se obtuvieron mediante análisis estadístico con la prueba t de Student, utilizada para examinar los datos recopilados en el laboratorio. Todos los grupos demostraron una resistencia a la flexión superior al criterio mínimo de 80 MPa requerido por la norma ISO 4049. Es fundamental destacar que la termopolimerización por calor seco mejora esta cualidad.

Palabras clave: características mecánicas; compuesto Bulk Fill; polimerización complementaria (35).

- **“Restauración onlay usando técnica semi-directa con resina compuesta. Reporte de un Caso. Autor: Manuel Restrepo. Colombia. 2012.**

Las exigencias estéticas de los pacientes son cada vez mayores, y el desarrollo de materiales y procedimientos para la preservación y restauración de dientes dañados por caries y traumatismos ha impulsado una transformación significativa en las restauraciones adhesivas para dientes posteriores, lo que a su vez ha transformado la filosofía terapéutica actual. En dientes endodóncicos, el objetivo de esta evolución es la evolución de las restauraciones onlay mediante la técnica semidirecta, buscando maximizar la preservación de las superficies residuales para reducir el riesgo de fractura, minimizar la contracción de polimerización, mejorar la adaptación y el sellado marginal, y aumentar la resistencia al desgaste y la estabilidad dimensional del material. Este caso describe la rehabilitación de un primer molar superior derecho permanente endodóncico en un paciente de 13 años, estudiante de la Facultad de Odontología de Araraquara (UNESP), Brasil. El paciente fue tratado con resina compuesta Miris 2 mediante la técnica semidirecta, logrando una restauración estética y funcional en una sola sesión. Este artículo explica los conceptos terapéuticos y sugiere su formulación, considerando la investigación que respalda este enfoque terapéutico conservador.

Palabras clave: Estética, Dientes posteriores, Resina compuesta, Técnica semi-directa (36).

- **“Materiales y técnicas para incrustaciones dentales”. Autor: Pedro Molinero-Mourelle. España. 2016.**

Los materiales utilizados para incrustaciones dentales han experimentado cambios significativos en las últimas décadas, pasando de aleaciones metálicas a cerámicas reforzadas y nuevas resinas compuestas. El diseño, los métodos de fabricación y la calidad de los materiales han mejorado significativamente. La durabilidad de esta terapia restauradora se ve mejorada gracias al uso de innovadores procesos de cementación adhesiva, lo que también amplía su alcance. Es necesario actualizar los materiales dentales utilizados para estas restauraciones, ya que ahora son más

fáciles de conseguir. El objetivo de este proyecto es realizar una investigación bibliográfica sobre materiales modernos adecuados para la fabricación de incrustaciones dentales. Componentes y procedimientos: Además de realizar un estudio de libros de texto y obras importantes sobre prostodoncia y materiales dentales, se realizó una búsqueda bibliográfica en el Catálogo Swan, Compludas y PubMed. En conclusión: a pesar de que las aleaciones metálicas se utilizan ampliamente para incrustaciones, su número de aplicaciones está disminuyendo debido a su bajo costo. La cerámica se utiliza para una amplia variedad de incrustaciones debido a su capacidad para fabricarse con el menor espesor posible. Además, se recomienda realizar restauraciones sin recubrimiento de cúspides activas con resinas compuestas indirectas de segunda generación. Sin embargo, no se han realizado suficientes estudios para determinar la eficacia de las resinas de tercera generación.

Palabras Clave: Restauración indirecta, Inlay, Onlay, Overlay, Materiales dentales, Oro, Cerámica, Resina (37).

### 3.2.2 Nacionales:

- **“Influencia de la pospolimerización con temperatura al calor seco, en la resistencia flexural de una resina compuesta en restauraciones semi-directas”.**  
**Autor: Bach. Jonathan Dennis SICHA TELLO. Lima. 2017.**

Mediante pruebas in vitro, esta investigación científica analizó cómo la resistencia a la flexión de una resina compuesta se vio afectada por la temperatura del calor seco. La evaluación se realizó en una resina compuesta de nanopartículas pospolimerizada utilizada en la clínica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Se utilizaron diez muestras de las mismas dimensiones (20 milímetros de largo, 2 milímetros de ancho y 2 milímetros de alto) para evaluar a dos grupos. Tras inyectar completamente la resina en un molde metálico, comenzó el proceso de formación. Se utilizó un equipo de curado LED (Wood Packer LED - C) para fotopolimerizar cada muestra durante cuarenta segundos a una densidad de potencia de 600 milivatios por centímetro cuadrado. En el experimento, el grupo experimental

recibió un curado LED convencional que se incrementó mediante un tratamiento térmico en un horno de esterilización a 130 grados Celsius durante cuatro minutos. El grupo de control recibió el curado LED habitual. Según los resultados de la investigación, los pacientes del grupo experimental presentaron cambios sustanciales en su resistencia a la flexión en comparación con los del grupo control. Según los datos, la resina compuesta de nanopartículas, al polimerizarse a altas temperaturas, podría ser una opción viable para restauraciones semidirectas.

Palabras clave: Resina compuesta, calor seco, resistencia a la flexión (38).

- **“Técnicas de fotopolimerización complementaria en la evaluación de la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas”. Autor: Jimmy Málaga Rivera. Lima. 2016.**

El propósito de este estudio es analizar la microdureza de una resina compuesta de nanopartículas mediante diversas técnicas de fotopolimerización complementarias, con especial énfasis en los principios de longitud de onda e intensidad de la luz necesarios para la conversión.

Componentes y procedimientos: Investigación empírica. Se fabricaron noventa bloques de resina compuesta de nanopartículas, cada uno de diez milímetros de ancho y dos milímetros de espesor. Se establecieron tres categorías distintas de bloques según la cantidad de luz recibida: luz tenue (estrella suave), luz intermitente (luz parpadeante) y luz brillante (luz brillante). Tras colocar las muestras en un penetrador ZWICK/ROLL Indentec ZHV de última generación, se utilizó una lente de aumento de 20X para que las hendiduras fueran más visibles para el observador. Además, se utilizó una tensión superficial de 500 g para evaluar la microdureza. Resultado final: El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $p = 0,00 < 0,05$ ). Se realizó una prueba de comparación múltiple para determinar si los tres grupos presentaban diferencias entre sí o si un grupo era particularmente diferente de los demás. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los valores

de microdureza obtenidos con la técnica de estrella suave y los obtenidos con los otros métodos, como lo demuestran los hallazgos.

En comparación con las resinas compuestas de nanopartículas polimerizadas mediante procesos convencionales, las polimerizadas mediante el proceso de estrella suave mostraron niveles de microdureza mucho más altos. Por lo tanto, se recomienda este método para la polimerización de resinas compuestas en cada incremento, tanto en la entrada como en la salida, con el fin de maximizar la conversión de monómero a polímero y garantizar la durabilidad del material.

Palabras claves: Polimerización; resina nanopartícula; prueba de microdureza Vickers (39).

### 3.2.3 Locales:

- **“Comparación de la resistencia compresiva de la resina nanohíbrida fotopolimerizada y con fototermoneumopolimerización, para la realización de restauraciones indirectas (estudio in vitro)”. Autor: JULISSA ALEXANDRA DELGADO MEDINA. Arequipa. 2017.**

Para determinar la resistencia a la compresión de una resina nanohíbrida fotopolimerizada en comparación con una resina fototermoneumopolimerizada, este estudio experimental empleó una metodología comparativa, transversal, observacional y de laboratorio.

Utilizando un molde de acero inoxidable, se fabricaron dieciséis muestras cilíndricas de resina BRILLANT NG (Coltene). Cada muestra tenía una altura de 8 milímetros y un diámetro de 4 milímetros. Un grupo de materiales se expuso exclusivamente a la fotopolimerización, mientras que el otro se denominó grupo experimental. Los materiales se dividieron aleatoriamente en varios grupos. Tras el proceso de fotopolimerización, las muestras se sometieron a un ciclo de autoclave. Para determinar el número total de participantes, se empleó un método que asignó ocho unidades a cada uno de los grupos. Se utilizó el equipo de ensayo universal digital CMT-5L para determinar la resistencia a la compresión del

material en megapascales (MPa). Según los datos, existe una notable disparidad del 19,96 % a favor del grupo experimental. Esta disparidad está acompañada de una estadística T de 14,61 y un valor p de 0,00000000825 ( $p < 0,05$ ).

Palabras Clave: Resistencia compresiva, Fotocurado, Polimerización, Restauraciones indirectas (40).

- **“Efecto de la sobrepolimerización con microondas en la dureza y resistencia de la resina para incrustaciones en la consulta privada”. Autor: CALDERÓN MEDINA, LINDSAY MADELEINE. Arequipa. 2014.**

Un objetivo clave de esta investigación fue examinar la dureza y la resistencia de la resina para incrustaciones en muestras de prueba. Específicamente, se compararon las muestras tratadas con cinco minutos adicionales de curado por microondas y las curadas únicamente con luz LED convencional.

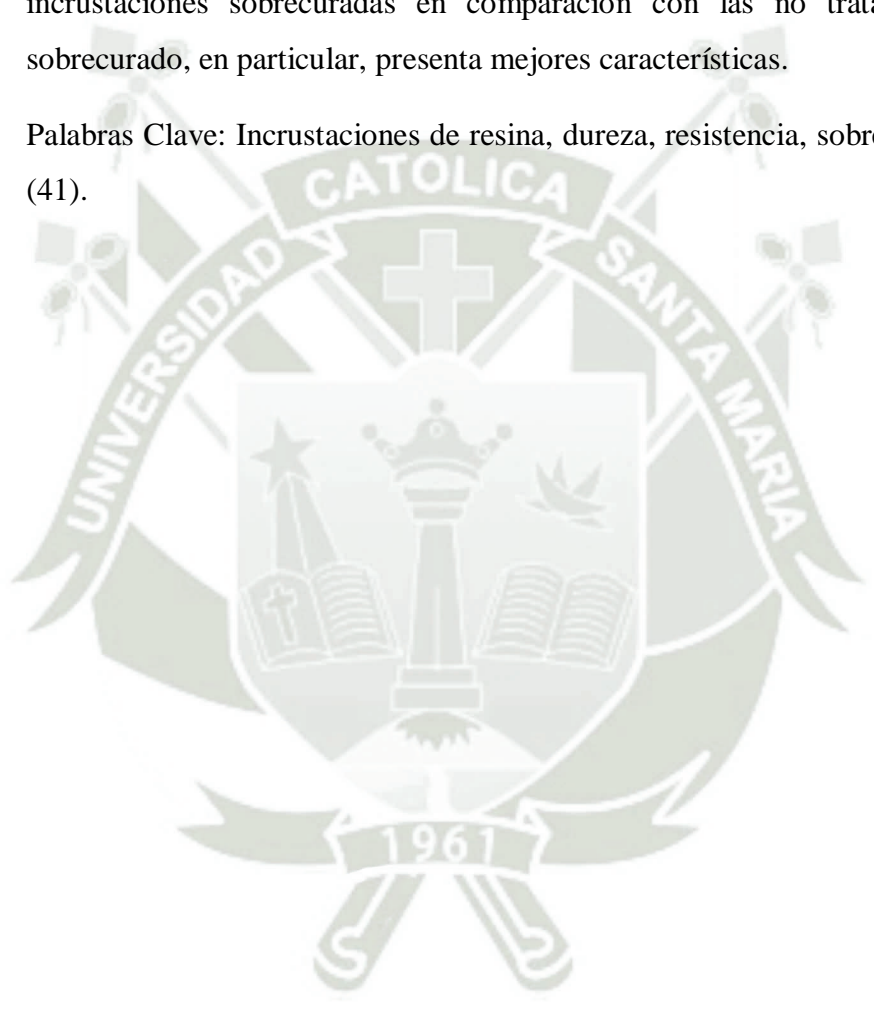
La investigación se realizó en un laboratorio y fue experimental, prospectiva, transversal, comparativa y observacional. El componente experimental fue el que más contribuyó al estudio. Se establecieron un grupo experimental y un grupo de control a partir de las unidades de estudio, que se clasificaron en dos grupos distintos. Para determinar el tamaño de cada grupo, se utilizó una fórmula, obteniéndose veinte unidades. En cada uno de los grupos, se midió la dureza de la resina en diez unidades de estudio y diez unidades adicionales, con y sin sobrecurado.

Para realizar el experimento, se elaboraron veinte muestras rectangulares de resina, cada una de 10 x 5 milímetros. Se sobrecuró 10 de las muestras con microondas, mientras que las otras diez se trataron únicamente con polimerización estándar. Posteriormente, se llevaron al laboratorio de ensayos de materiales, donde se utilizó un durómetro Shore D para determinar la dureza de la resina. Para determinar la resistencia de la resina, se fabricaron veinte muestras cilíndricas de 10 mm x 5 mm. Estas muestras se sometieron a la misma técnica de ensayo que las anteriores. Para determinar la resistencia a la compresión, se utilizó un aparato de ensayo de resistencia.

Los datos se recopilaron mediante observaciones experimentales con el aparato adecuado. Para el análisis estadístico, se utilizaron estadísticas descriptivas e inferenciales. Se utilizaron las pruebas t de Student y chi-cuadrado para realizar evaluaciones cuantitativas y cualitativas de las variables investigadas.

Con un nivel de significancia de 0,05, los datos revelan una diferencia estadísticamente significativa en la dureza y la resistencia de las resinas para incrustaciones sobrecuradas en comparación con las no tratadas. El grupo sobrecurado, en particular, presenta mejores características.

Palabras Clave: Incrustaciones de resina, dureza, resistencia, sobrepolymerización (41).



#### 4. HIPÓTESIS

**Dado que** las ondas del calor producen una aceleración de la reacción y el incremento al convertir los monómeros en polímeros en las resinas

**Es probable que** la polimerización complementaria en el microondas, produzcan como resultado una mayor microdureza superficial.





# CAPÍTULO II

## PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

## 1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

### 1.1 Técnica de investigación

El método del estudio fue la experimentación observacional, la cual se realizó en un laboratorio de un ambiente controlado.

### 1.2 Técnica de ejecución de investigación

#### 1.2.1 Selección de muestras

Con base en trabajos previos y estándares internacionales, se crearon 48 muestras o unidades de estudio con forma de cilindros de las resinas elegidas para el trabajo. Las muestras se realizaron mediante el uso de un molde de aluminio especialmente diseñado por un tornero para el caso con las medidas que se le especificaron, que de acuerdo a normas y estándares internacionales tienen las siguientes dimensiones:

- 8 mm de diámetro
- 4 mm de altura

Utilizamos una lámpara LED de última generación para fotocurar.

No fue necesario pulir las superficies de los cilindros de resina.

### 1.2.2 Preparación de muestras y aplicación de material

Luego de obtener los 48 cilindros, se procede a clasificarlos en dos grupos A y B y que a su vez se dividen en tres grupos cada uno, distribuidos como sigue:

- Grupo A:
  - A1: Se trata de ocho cilindros fabricados con resina Filtek™ P60, que se obtienen aplicando directamente la resina al molde sobre una placa de vidrio. La dureza superficial se evalúa en el lado orientado hacia la placa de vidrio. Se fotopolimeriza la parte superior del cilindro y se conservan las muestras en solución salina. Posteriormente, se someten a la prueba de dureza con el instrumento GOYOJO.
  - A2: Se trata de ocho cilindros fabricados con resina Filtek™ P60, obtenidos mediante la aplicación directa de la resina al molde sobre una placa de vidrio. La dureza superficial se evalúa en el lado que da a la placa. Se fotopolimerizó la parte superior del cilindro y luego se sometieron a irradiación de microondas durante 5 minutos. Las muestras se conservaron en solución salina y posteriormente se transfirieron al durómetro GOYOJO.
  - A3: Estos ocho cilindros se fabricaron con resina Filtek™ P60, aplicada directamente al molde en capas incrementales sobre la placa de vidrio. La dureza superficial se evaluó en el lado que mira a la placa. Polimerizamos la parte superior del cilindro mediante fotocurado y luego lo sometimos a radiación de microondas durante 10 minutos. Las muestras se mantuvieron en solución salina y luego se transfirieron al durómetro GOYOJO (42).
  
- Grupo B:
  - B1: Se trata de ocho cilindros fabricados con resina Estelite® Posterior, que se obtienen aplicando directamente la resina al molde sobre una placa de vidrio. La dureza superficial se evalúa en el lado orientado hacia la placa de vidrio. Se fotopolimeriza la parte superior del cilindro y se conservan las muestras en solución salina. Posteriormente, se someten a la prueba de dureza con el instrumento GOYOJO.

- B2: Se trata de ocho cilindros fabricados con resina Estelite® Posterior, obtenidos mediante la aplicación directa de la resina al molde sobre una placa de vidrio. La dureza superficial se evalúa en el lado que da a la placa. Se fotopolimerizó la parte superior del cilindro y luego se sometieron a irradiación de microondas durante 5 minutos. Las muestras se conservaron en solución salina y posteriormente se transfirieron al durómetro GOYOJO.
- B3: Estos ocho cilindros se fabricaron con resina Estelite® Posterior, aplicada directamente al molde en capas incrementales sobre la placa de vidrio. La dureza superficial se evaluó en el lado que mira a la placa. Polimerizamos la parte superior del cilindro mediante fotocurado y luego lo sometimos a radiación de microondas durante 10 minutos. Las muestras se mantuvieron en solución salina y luego se transfirieron al durómetro GOYOJO (42).

### 1.3. Instrumentos

a) Instrumento documental. Ejemplo de ficha de recolección de datos:

	Control		5 minutos		10 minutos	
	HR15T	HV	HR15T	HV	HR15T	HV
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

b) Instrumental:

- Recipientes de plástico o vidrio
- Jeringas descartables de diversas medidas
- Lámpara de luz LED de alta gama
- Pieza de mano de alta velocidad
- Cámara fotográfica para registrar secuencia visual
- Computadora portátil o de escritorio
- Impresora
- Espátulas de resina
- Durómetro GOYOJO
- Horno Microondas
- Molde personalizado de aluminio

#### 1.4 Materiales

- Resinas de fotocurado Filtek™ P60 y Estelite® Posterior
- Suero fisiológico

## 2.- CAMPO DE VERIFICACIÓN

### 2.1 Ubicación Espacial

**Ámbito general:** En la ciudad de Arequipa

**Ámbito específico:** Ambientes laborales para medir microdureza

### 2.2 Ubicación Temporal

El desarrollo de todo el proceso de la investigación se realizó durante los meses de diciembre del 2024, enero, febrero, marzo y abril del 2025 por lo que se trata de una investigación actual y longitudinal en el tiempo.

### 2.3 Unidades de Estudio y ficha instrumental de recolección:

Grupo	Subgrupo	Material	Tratamiento	Evaluación
A	A1	Resina Filtek™ P60	Fotopolimerización únicamente	Durómetro GOYOJO
A	A2	Resina Filtek™ P60	Fotopolimerización + microondas 5 min	Durómetro GOYOJO
A	A3	Resina Filtek™ P60	Fotopolimerización + microondas 10 min	Durómetro GOYOJO
B	B1	Resina Estelite® Posterior	Fotopolimerización únicamente	Durómetro GOYOJO
B	B2	Resina Estelite® Posterior	Fotopolimerización + microondas 5 min	Durómetro GOYOJO
B	B3	Resina Estelite® Posterior	Fotopolimerización + microondas 10 min	Durómetro GOYOJO

\*Fuente (42).

## 3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 ESTRATEGIA PARA RECOLECTAR LOS DATOS

#### 3.1.1 Organización

El tratamiento de los resultados es de naturaleza cuantitativa y nominal, considerando únicamente valores numéricos obtenidos de las mediciones realizadas con el durómetro.

#### 3.1.2 Recursos

##### A) Recursos Humanos

- Investigador: Daniela Jimena Carrasco Valdivia
- Asesor: Dra. Solange Ana Meza Zegarra
- Investigador asociado: Ing. Guido Quispe Ampuero

### **B) Recursos Físicos**

- Laboratorios especializados
- Biblioteca física y virtual

### **C) Recursos económicos**

Los gastos generados por la investigación, son afrontados en su totalidad por la encargada del trabajo o también conocida como la tesista.

### **D) Recursos institucionales**

- Ambientes de la Universidad Nacional de San Agustín.

## **4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS**

### **4.1 A nivel de procesamiento o sistematización**

#### **a) Tipo de procesamiento**

La totalidad del manejo de los resultados se realizó manualmente; así de esta manera se puede tener un control directo sobre el análisis y la verificación de resultados.

#### **b) Plan de operaciones**

##### **b.1 Clasificación de datos**

Se utilizó una matriz de sistematización y una hoja de cálculo tipo Excel para asegurar la correcta organización y análisis de los datos. La hoja de cálculo permitió procesar los datos automáticamente.

b.2 Análisis

<b>Tipo de Variable</b>	<b>Tipo de investigación</b>	<b>Escala de Medición</b>	<b>Medidas Estadísticas</b>	<b>Pruebas estadísticas</b>
Cuantitativa	Comparativa y experimental	Escala Nominal	Frecuencias absolutas y porcentuales	T de Student Shapiro Wilk

b.4 Tabulación

Luego de obtener los resultados y procesarlos de manera estadística, estos fueron organizados y presentados mediante cuadros y tablas para facilitar su interpretación.

b.5 Graficación

Los gráficos que se usaron fueron los de columnas y tendencias para expresar y representar gráficamente los resultados estadísticos de las tablas

**4.2 A nivel de conclusiones**

Se llegaron a formular las conclusiones considerando los principios establecidas por los objetivos, interrogantes de la investigación e hipótesis del estudio.



# CAPÍTULO III

## RESULTADOS

**TABLA 1:****DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA FILTEK™ P60 SIN NINGÚN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA**

<b>RESINA 3M FILTEK P60</b> <b>Control</b>	Dureza Superficial
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>112,25</b>
Desviación Estándar	9,85
Valor Mínimo	105
Valor Máximo	130
Total Muestras	8

\*Estructura de datos

En la presente tabla que es descriptiva, analizamos el grado de dureza que presenta la resina Filtek™ P60 del grupo control, es decir, sin realizar ninguna técnica adicional de polimerización. Vemos que en promedio esta resina presenta una dureza de 112,25 HV, con una variable mínima de 105 HV y una máxima de 130 HV.

**FIGURA 1: Dureza superficial de la resina FILTEK™ P60**

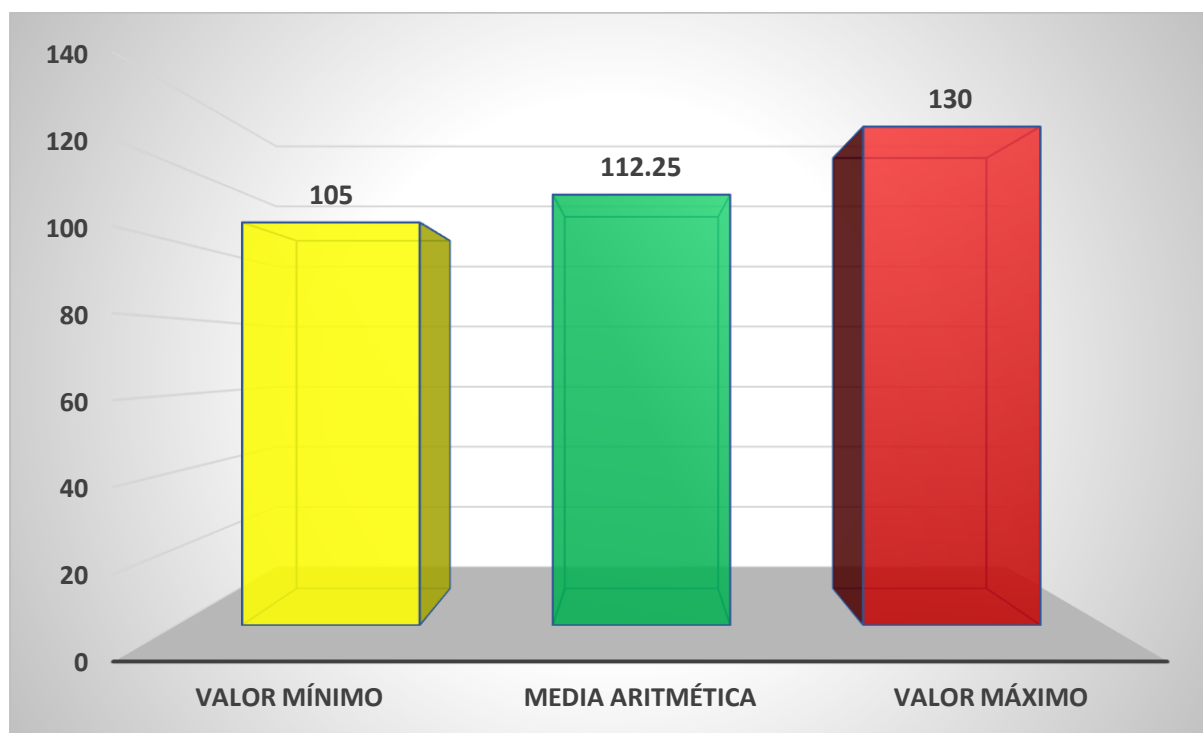


TABLA 2:

**INFLUENCIA DEL CALOR COMPLEMENTARIO CON MICROONDAS DURANTE  
5 MINUTOS EN LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA FILTEK™ P60**

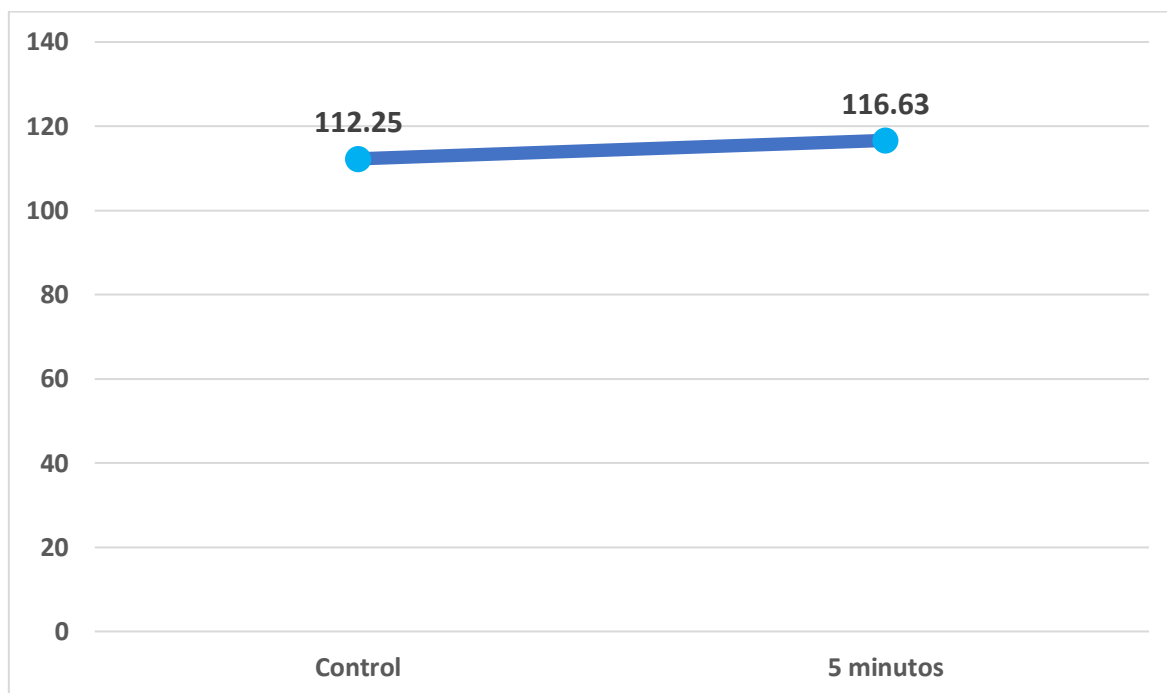
RESINA 3M FILTEK P60	Dureza Superficial	
	Control	5 minutos
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>112,25</b>	<b>116,63</b>
Desviación Estándar	9,85	8,50
Valor Mínimo	105	107
Valor Máximo	130	130
Total Muestras	8	8

\*Estructura de datos

P = 0,655 (P ≥ 0,05) N.S.

La Tabla 2 presenta los resultados de la polimerización complementaria por microondas de la resina Filtek™ P60 durante 5 minutos. La prueba T de Student arrojó un valor p de 0,655, lo que indica que no existen diferencias significativas entre los grupos comparados, que presentaron valores de dureza promedio de 112,25 HV en el grupo control y 116,63 HV en el grupo sometido a 5 minutos adicionales de polimerización.

**FIGURA 2: Calor complementario. 5 minutos. FILTEK™ P60**



**TABLA 3:**

**INFLUENCIA DEL CALOR COMPLEMENTARIO CON MICROONDAS DURANTE  
10 MINUTOS EN LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA FILTEK™ P60**

RESINA 3M FILTEK P60	Dureza Superficial		
	Control	5 minutos	10 minutos
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>112,25</b>	<b>116,63</b>	<b>114,88</b>
Desviación Estándar	9,85	8,50	11,10
Valor Mínimo	105	107	103
Valor Máximo	130	130	133
Total Muestras	8	8	8

\*Estructura de datos

Pc-10m = 0,857 (P ≥ 0,05) N.S.

P5m-10m = 0,933 (P ≥ 0,05) N.S.

En la Tabla 3 evaluamos la comparativa de los 3 sub grupos de la resina Filtek™ P60. Podemos observar que al comparar el grupo control con el grupo que fue sometido a 10 minutos de polimerización complementaria, según T de Student (P = 0,857), no se encuentran diferencias entre la dureza de los grupos (grupo control = 112,25 HV, grupo 5 minutos = 116,63 HV). Así mismo, al comparar el grupo sometido a 5 minutos de calor con microondas con el grupo de 10 minutos, también según T de Student (P = 0,933) podemos ver que tampoco se ve afectada la dureza superficial, con valores promedio de 112,25 HV para el grupo control y 114,88 HV para el de 10 minutos en microondas.

**FIGURA 3: Calor complementario. 10 minutos. FILTEK™ P60**

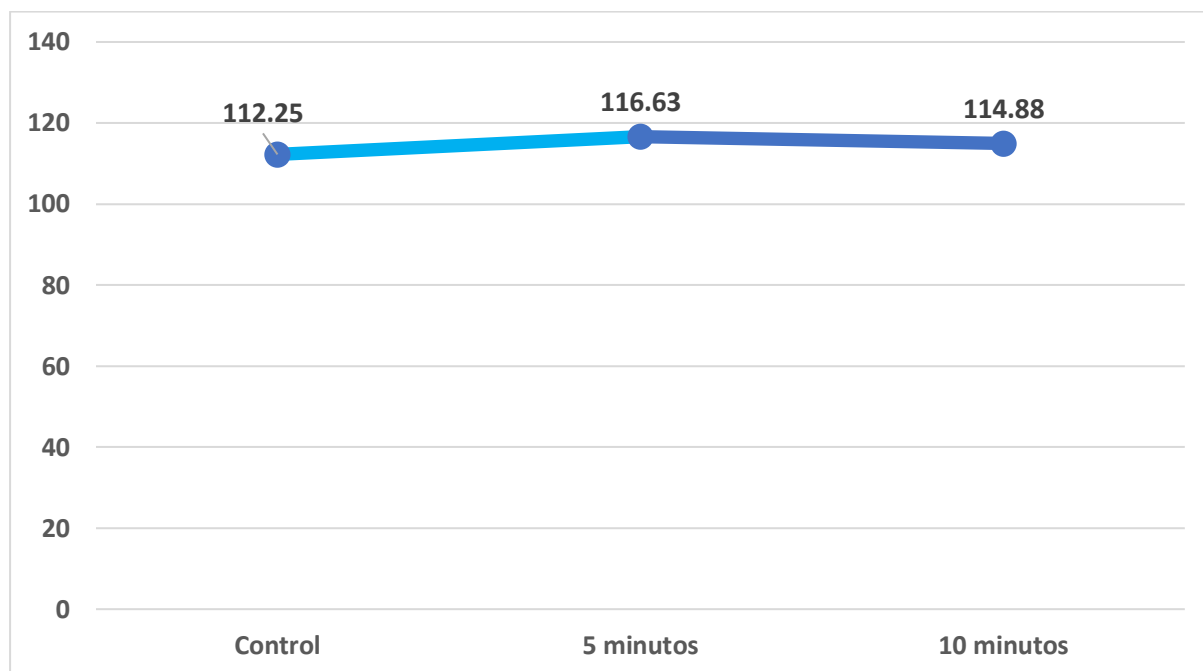


TABLA 4:

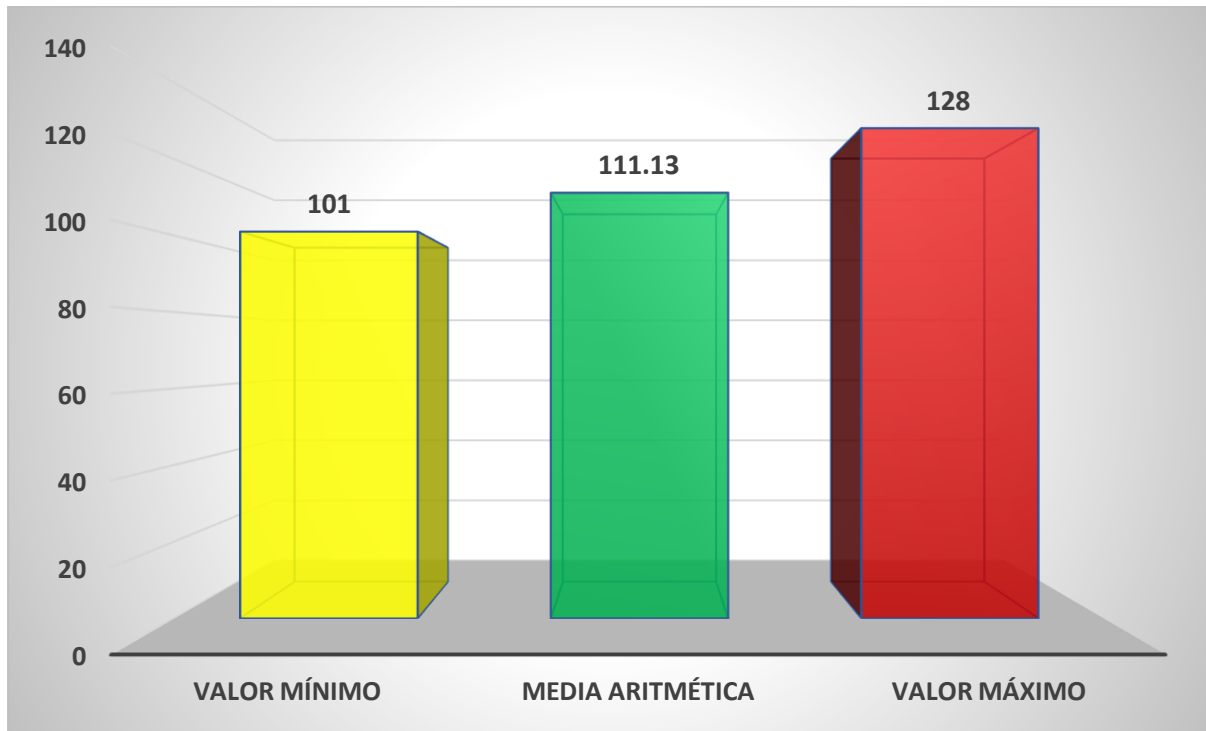
**DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA ESTELITE® POSTERIOR SIN NINGÚN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA**

<b>RESINA ESTELITE POSTERIOR</b>	<b>Dureza Superficial</b>
<b>Control</b>	
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>111,13</b>
Desviación Estándar	8,61
Valor Mínimo	101
Valor Máximo	128
Total Muestras	8

\*Estructura de datos

Esta tabla, meramente descriptiva, presenta la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior sin polimerización adicional, sirviendo como grupo de control. La dureza promedio de esta resina es de 111,13 HV, con un mínimo de 101 HV y un máximo de 128 HV.

**FIGURA 4: Dureza superficial de la resina ESTELITE® POSTERIOR**



**TABLA 5:**

**INFLUENCIA DEL CALOR COMPLEMENTARIO CON MICROONDAS DURANTE 5 MINUTOS EN LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA ESTELITE® POSTERIOR**

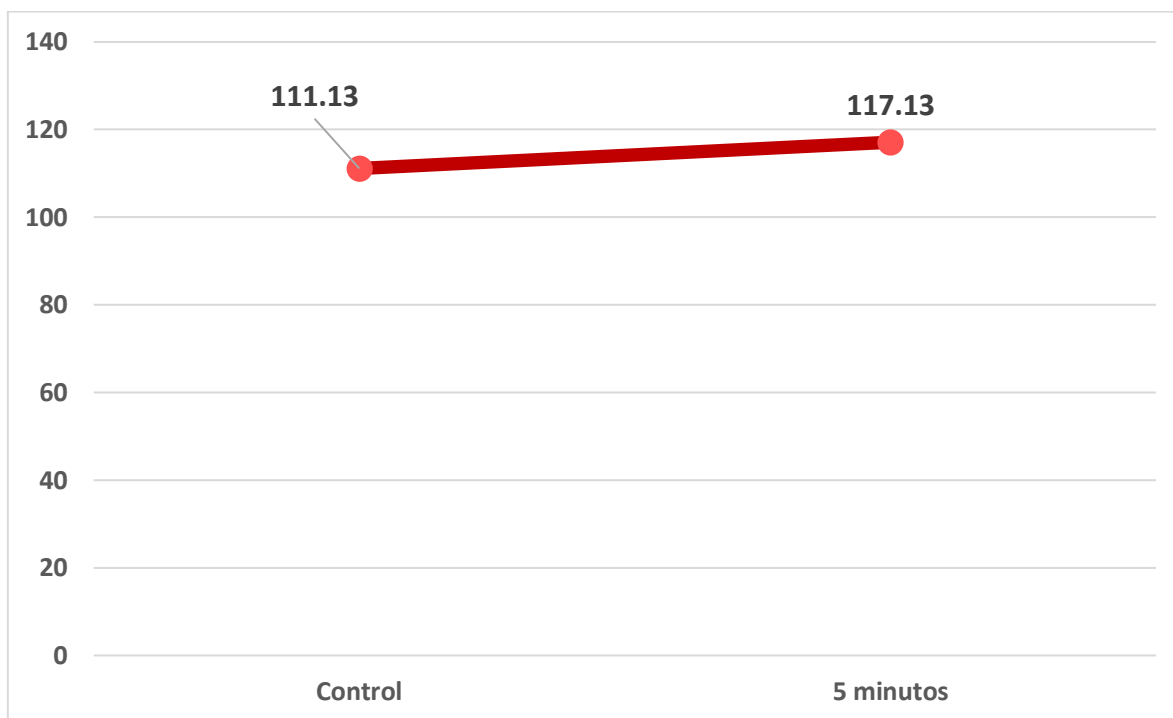
RESINA ESTELITE POSTERIOR	Dureza Superficial	
	Control	5 minutos
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>111,13</b>	<b>117,13</b>
Desviación Estándar	8,61	8,49
Valor Mínimo	101	107
Valor Máximo	128	129
Total Muestras	8	8

\*Estructura de datos

P = 0,568 (P ≥ 0,05) N.S.

La Tabla 5 ilustra el posible impacto de la polimerización complementaria en la dureza superficial de la resina Estelite® Posterior, comparando el grupo control con el grupo sometido a un tratamiento de microondas durante 5 minutos. La prueba T de Student ( $p = 0,568$ ) no indica diferencias significativas entre los grupos, con una dureza promedio de 111,13 HV en el grupo control y de 117,13 HV en el grupo sometido a 5 minutos adicionales de polimerización.

**FIGURA 5: Calor complementario. 5 minutos. ESTELITE® POSTERIOR**



**TABLA 6:**

**INFLUENCIA DEL CALOR COMPLEMENTARIO CON MICROONDAS DURANTE 10 MINUTOS EN LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA ESTELITE® POSTERIOR**

RESINA ESTELITE POSTERIOR	Dureza Superficial		
	Control	5 minutos	10 minutos
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>111,13</b>	<b>117,13</b>	<b>144,75</b>
Desviación Estándar	8,61	8,49	16,21
Valor Mínimo	101	107	124
Valor Máximo	128	129	172
Total Muestras	8	8	8

\*Estructura de datos

Pc-10m = 0,000 (P < 0,05) S.S.

P5m-10m = 0,000 (P < 0,05) S.S.

En esta tabla se evalúa la posible influencia de la polimerización complementaria frente a la resina Estelite® Posterior, tanto a los 5 minutos como a los 10 minutos. Luego de realizar la prueba estadística T de Student se puede ver que al comparar el grupo control con el calor adicional durante 10 minutos, si se presentó una diferencia significativa entre los grupos (P = 0,000) con una dureza promedio de 111,13 HV en el grupo B1 que es el de control, y 144,75 en el grupo B3 o de 10 minutos. Así también, al comparar el grupo de 5 minutos (117,13 HV) y el grupo de 10 minutos (144,75 HV), se observa que según T de Student (P = 0,000) también existe diferencia estadística significativa entre los grupos comparados.

**FIGURA 6: Calor complementario. 10 minutos. ESTELITE® POSTERIOR**

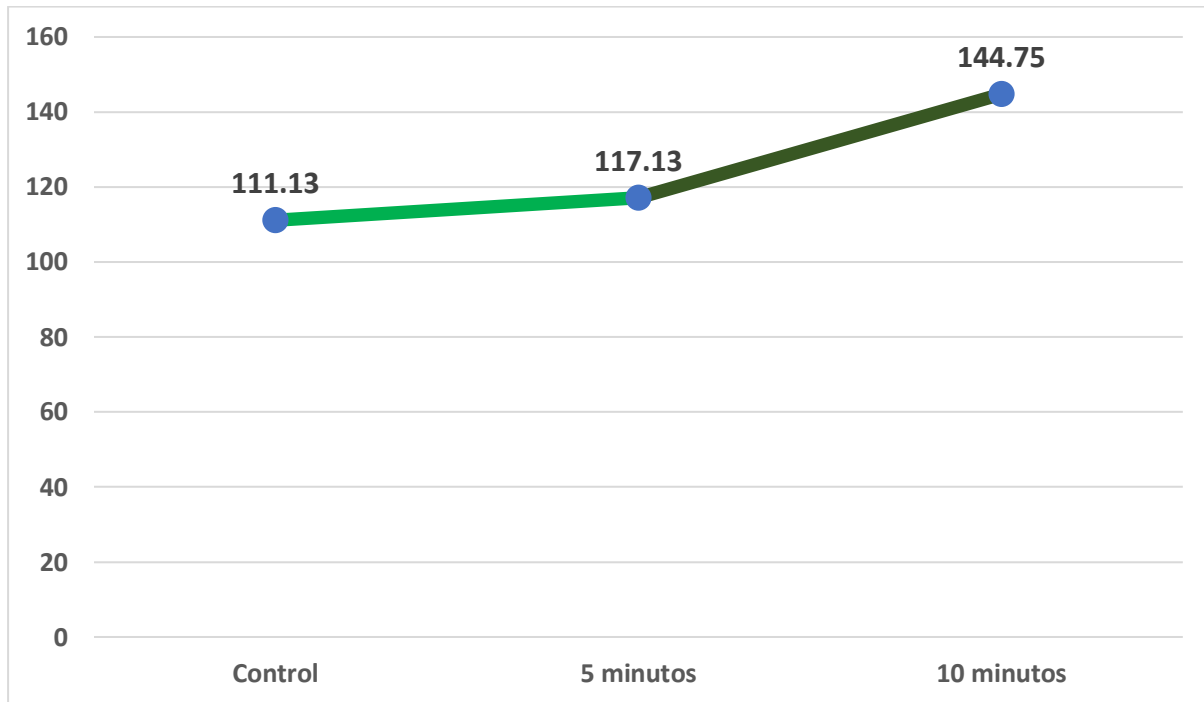


TABLA 7:

**COMPARACIÓN DE LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR SIN NINGÚN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA**

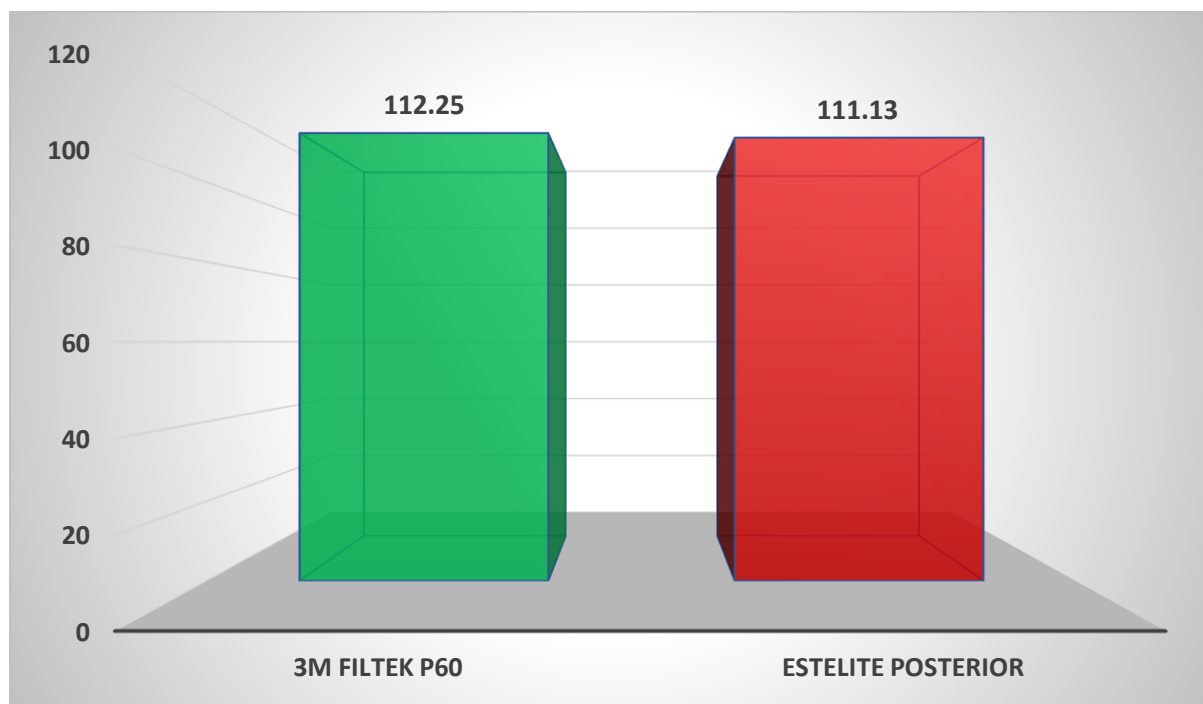
CONTROL	Resina	
	3M Filtek P60	Estelite Posterior
Media Aritmética (Promedio)	112,25	111,13
Desviación Estándar	9,85	8,61
Valor Mínimo	105	101
Valor Máximo	130	128
Total Muestras	8	8

\*Estructura de datos

P = 0,811 ( $P \geq 0,05$ ) N.S.

En el cuadro 7 se realiza el análisis estadístico entre las dos resinas del estudio en los grupos de control, es decir, sin aplicar ninguna polimerización complementaria. Se puede ver que no existe diferencias entre las dos resinas, con valores de dureza promedio de 112,25 HV en la resina Filtek P60, y de 111,13 HV en la resina Estelite.

**FIGURA 7: Comparación resinas 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR**



**TABLA 8:**

**COMPARACIÓN DE LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR CON POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA DE 5 MINUTOS**

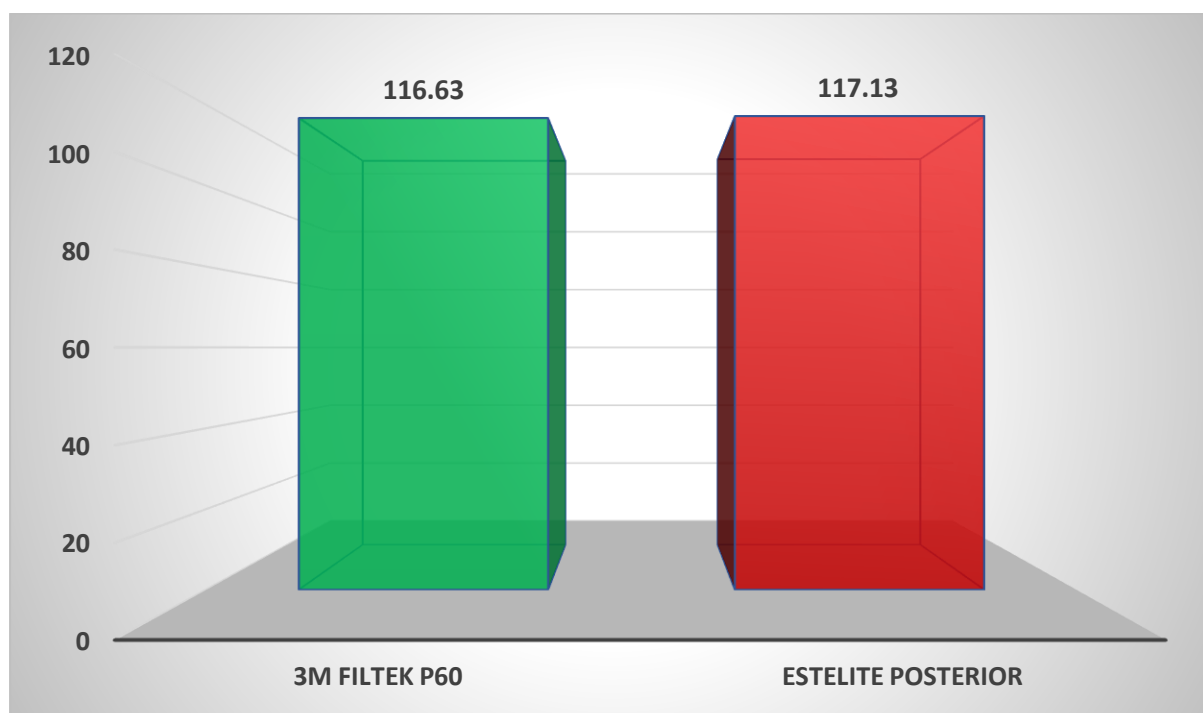
<b>5 MINUTOS</b>	<b>Resina</b>	
	<b>3M Filtek P60</b>	<b>Estelite Posterior</b>
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>116,63</b>	<b>117,13</b>
Desviación Estándar	8,50	8,49
Valor Mínimo	107	107
Valor Máximo	130	129
Total Muestras	8	8

\*Estructura de datos

P = 0,908 (P ≥ 0,05) N.S.

Al comparar la dureza de las resinas Filtek P60 y Estelite® Posterior, tras una polimerización adicional por microondas de 5 minutos, se observa que la resina Filtek P60 presenta una dureza promedio de 116,63 HV, mientras que la resina Estelite® Posterior presenta una dureza de 117,13 HV. Tras la prueba T de Student, con un valor de prueba de 0,908, se determina que no existen diferencias significativas en la dureza de ambas resinas.

**FIGURA 8: 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR. 5 minutos**



**TABLA 9:**

**COMPARACIÓN DE LA DUREZA SUPERFICIAL DE LA RESINA 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR CON POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA DE 10 MINUTOS**

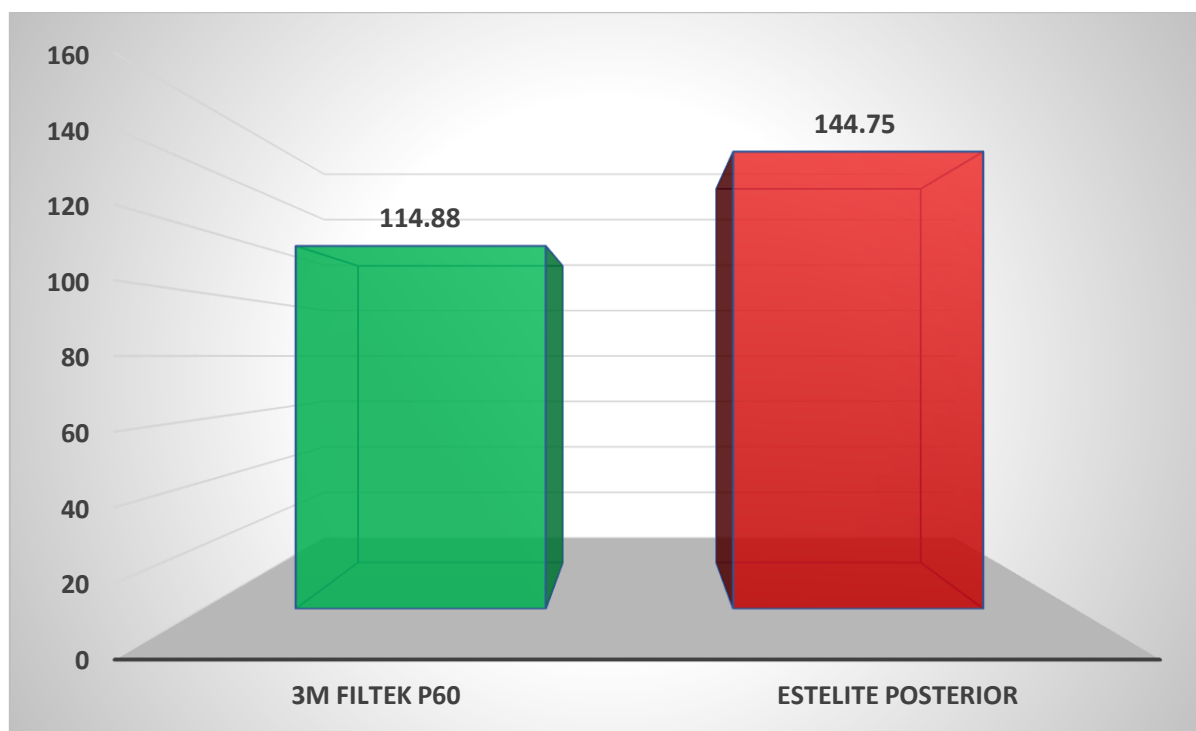
<b>10 MINUTOS</b>	Resina	
	3M Filtek P60	Estelite Posterior
<b>Media Aritmética (Promedio)</b>	<b>114,88</b>	<b>144,75</b>
Desviación Estándar	11,10	16,21
Valor Mínimo	103	124
Valor Máximo	133	172
Total Muestras	8	8

\*Estructura de datos

P = 0,001 (P < 0,05) S.S.

La última tabla compara la dureza de las resinas del estudio tras 10 minutos adicionales de polimerización por microondas. La dureza superficial promedio de la resina Filtek P60 fue de 114,88 HV, mientras que la de la resina Estelite® Posterior fue de 144,75 HV. La prueba T de Student indica una diferencia significativa en la dureza de ambas resinas tras 10 minutos de exposición al microondas, con un valor de prueba de 0,001.

**FIGURA 9: 3M FILTEK P60 Y ESTELITE® POSTERIOR. 10 minutos**



## DISCUSIÓN

Tras un análisis exhaustivo de los hallazgos de la investigación, la evaluación de las interrogantes, los objetivos, y la consideración de las pruebas estadísticas y los valores resultantes, se puede concluir que la hipótesis de investigación se ha validado parcialmente. En concreto, para la resina Filtek P60, no se observaron diferencias significativas entre las muestras de los tres subgrupos, presentando valores de dureza similares. Por el contrario, para la resina Estelite® Posterior, si bien no se observaron diferencias entre el grupo de control y el grupo de 5 minutos, el grupo de 10 minutos mostró una mejora notable en la dureza superficial tras la polimerización complementaria por microondas de las muestras.

Revisando el antecedente titulado: “Resistencia Flexural de una Resina Compuesta Nanohíbrida Sometida a Técnicas de Termopolimerización Adicional” realizado el año 2021 en Ecuador (35), se observa en la investigación que se evaluó la resistencia a la flexión de una resina nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill) expuesta a métodos de termopolimerización suplementarios con agua o calor seco. Todos los grupos superaron el valor mínimo de resistencia según la norma ISO, siendo el calor seco el método que mejoró más este atributo. En cambio en nuestro trabajo, después de una polimerización complementaria en microondas, se observó que solo la resina Estelite® Posterior mostró una mejora significativa en la dureza luego de 10 minutos de microondas, mientras que la resina Filtek™ P60 no presentó cambios importantes.

De acuerdo al título: “Restauración onlay usando técnica semi-directa con resina compuesta. Reporte de un Caso”, realizado en Colombia el año 2012 (36), podemos ver que realizan el estudio de un caso clínico, lo que lo diferencia del nuestro porque nosotros hicimos un estudio in vitro, sin embargo, ambos trabajos son similares en el punto que tratan de averiguar técnicas que beneficien las propiedades mecánicas de los compuestos restauradores. En el caso del estudio colombiano es una técnica onlay semi-directa, mientras nosotros investigamos una técnica de polimerización adicional.

Analizando el antecedente español del 2016 titulado: “Materiales y técnicas para incrustaciones dentales” (37), observamos que se hace una revisión bibliográfica extensa para revisar cuales serían los mejores materiales para realizar incrustaciones dentales, llegando a la conclusión que los productos cerámicos, especialmente las resinas compuestas, son los ideales para realizar obturaciones con técnica indirecta. Esto concuerda con nuestro trabajo, ya que nuestra

intención es utilizar la técnica de polimerización adicional para mejorar la dureza de resinas que están indicadas para el sector posterior, sobre todo para incrustaciones.

En la siguiente investigación nacional: “Influencia de la pospolimerización con temperatura al calor seco, en la resistencia flexural de una resina compuesta en restauraciones semi-directas” realizado en lima el año 2017 (38), podemos ver que realizan una post polimerización con calor seco en un horno esterilizador para comprobar si esto mejora la resistencia flexural de resinas nanohíbridas, comprobando que si se obtiene una mejora significativa. Esto lo asemeja a nuestro trabajo en donde obtuvimos el aumento de la microdureza superficial de solo una de las resinas del estudio al realizar una polimerización adicional, pero en un horno de microondas.

Revisando el antecedente titulado: “Técnicas de fotopolimerización complementaria en la evaluación de la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas” que fue hecho en lima en el 2016 (39), vemos que realizan una exposición de las muestras de resina a diferentes tipos de luz, con distintas ondas, y logran comprobar, al igual que en nuestro trabajo, que estas técnicas de fotopolimerización complementaria producen una mejora en algunos de los grupos, en otros no se produjeron diferencias significativas.

En el primer antecedente realizado en Arequipa el año 2017, y que lleva de título: “Comparación de la resistencia compresiva de la resina nanohíbrida fotopolimerizada y con fototermoneumopolimerización, para la realización de restauraciones indirectas (estudio in vitro)” (40), se puede ver que realizan una post polimerización mediante la autoclave, a diferencia de nuestro trabajo, en donde la realizamos con microondas. Otra diferencia con nuestro estudio sería la que miden la resistencia a la compresión, mientras nosotros medimos dureza superficial de las resinas. En lo demás, se presentan mejoras significativas en algunos de los grupos.

Finalmente, en el antecedente titulado: “Efecto de la sobrepolimerización con microondas en la dureza y resistencia de la resina para incrustaciones en la consulta privada” realizado también en Arequipa el año 2014 (41), se coincide totalmente con nuestro estudio, ya que también realizan una sobrepolimerización mediante el horno microondas, aunque no indican el tiempo aplicado, mientras nosotros medimos en tres tiempos experimentales específicos, como son: grupo control, 5 minutos y 10 minutos. En ambas investigaciones se encontraron diferencias significativas en los grupos comparados.

El sobrecurado con microondas es beneficioso en las clínicas dentales, ya que reduce la necesidad de visitas frecuentes. El procedimiento puede realizarse en una sola sesión con resultados excepcionales. Por consiguiente, las incrustaciones de resina ofrecen una solución viable para la restauración de dientes posteriores. Ofrecen ventajas notorias, como una morfología dental mejorada, una restauración más precisa de los puntos de contacto, un mejor pulido y la capacidad de reducir la contracción mediante el curado externo que abarcará más cantidad de material.

La temperatura se eleva mediante polimerización adicional por microondas, lo que mejora las características mecánicas de la resina (microdureza superficial), así como su capacidad de acabado, pulido y mantenimiento. Al aumentar la temperatura, se liberan los monómeros no polimerizados generados durante el proceso de fotopolimerización, lo que aumenta la eficiencia de conversión de la resina. Mediante la polimerización convencional se alcanza una tasa de conversión de monómeros de entre el 60 % y el 65 %, una tasa baja que, en ocasiones, resulta insuficiente.

## CONCLUSIONES

### PRIMERA

La dureza superficial dentro del grupo A, es decir, el grupo de la resina Filtek™ P60, se distribuye de la siguiente manera: en el grupo control es de 112,25 HV, en el grupo de 5 minutos de polimerización complementaria la dureza fue de 116,63 HV, y en el grupo de 10 minutos dentro del microondas se presentó una dureza 114,88 HV.

### SEGUNDA

Para la resina Estelite® Posterior, designada como grupo B, los valores de dureza registrados fueron los siguientes: 111,13 HV para el grupo de control, 117,13 HV para el grupo de microondas de 5 minutos y 144,75 HV para el grupo de 10 minutos sometido a polimerización complementaria.

### TERCERA

Tras evaluar los datos y utilizar la prueba T de Student, concluimos que para la resina Filtek™ P60, no hubo cambios significativos en la dureza de la superficie después de la aplicación de la polimerización por microondas suplementaria, ya que todos los valores de prueba fueron superiores a 0,05.

### CUARTA

En la resina Estelite® Posterior, no se observaron cambios significativos entre el grupo de control y el grupo de polimerización complementaria de 5 minutos ( $P = 0,568$ ); sin embargo, el grupo de 10 minutos exhibió una mejora considerable en la dureza en relación con los grupos anteriores ( $P = 0,000$ ).

## RECOMENDACIONES

1. Luego de revisar los resultados obtenidos y el análisis estadístico, la recomendación principal sería la de usar la técnica de polimerización complementaria mediante microondas durante 10 minutos en el caso de la resina Estelite® Posterior, pues el aumento de la dureza superficial de dicha resina luego del calor adicional se eleva notablemente.
2. A los nuevos investigadores y otros tesisistas se les recomienda realizar otros estudios analizando distintos tiempos de la sobrepolimerización con calor o con otras fuentes, así como también, investigar sobre otras marcas de resinas que estén indicadas para el sector posterior o realizar incrustaciones.
3. A los profesionales de la odontología, se recomienda estar actualizados y al día con las distintas técnicas de obturaciones indirectas con resinas indicadas para casos específicos, así como el uso de aparatos de fácil acceso como el microondas que sugiere nuestro estudio. Conociendo estas técnicas, los profesionales pueden garantizar a los pacientes tratamientos eficientes, sencillos y de menor tiempo en el consultorio.

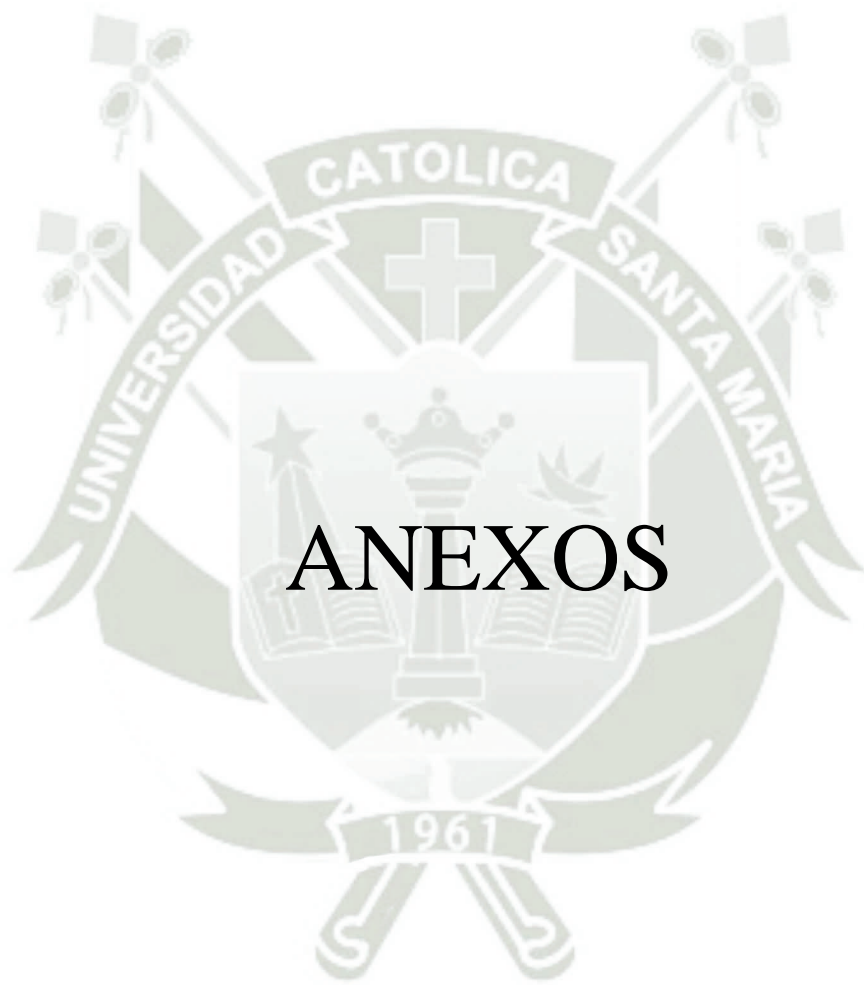
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Summitt JB RJHT. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. 4th ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc; 2013.
2. Terry DA LK. Improving the quality of posterior composite restorations. Practical Procedures in Aesthetic Dentistry. 2004; 16(6).
3. JW VD. Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. Journal of Dentistry. 2000; 28(5).
4. Daronch M RF. Monomer conversion of pre-heated composite. Journal of Dentistry Research. 2005; 84(7).
5. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora. Salud y estética. 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.
6. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. Primera ed. Curitiba - Paraná - Brasil: Editora Maio; 2003.
7. Anusavice KJ. Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Undécima Edición ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2004.
8. Macchi RL. Materiales Dentales. Cuarta ed.: Editorial Médica Panamericana; 2004.
9. Lanata EJ. Atlas de Operatoria Dental. Primera ed. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.; 2008.
10. Coronel CD. "Todo lo que debes saber sobre resinas dentales". 2024 Agosto.
11. GmbH 3D. "¿Qué hay en tu resina?" Ciencia aplicada a la vida. 2020.
12. Chile 3. Filtek P60. Restaurador para dientes posteriores. 3M ESPE. 2017 Noviembre. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/15073800/dental-ficha-tecnica-filtek-p60.pdf>
13. Corporation TD. ESTELITE® POSTERIOR. TOKUYAMA. 2025. Disponible en: <https://tokuyama-dental.com/products/composites/universal/estelite-posterior/>

14. García O RM. Fotopolimerización en odontología. *Brazilian Journal of Health Review*. 2024; 7(2).
15. Alain Manuel Chaple Gil YMOyJÁR. "Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización". *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2016; 15(1).
16. VANESSA RGY. "ESTUDIO DEL ESTADO DE LA POTENCIA LUMÍNICA DE LAS LÁMPARAS DE TIPO HALÓGENA DE FOTO POLIMERIZACIÓN, ASIGNADAS EN LA CLÍNICA ESTOMATOLÓGICA DE LA USS-2015". Tesis para título profesional. Pimentel: Universidad Señor de Sipán, Escuela Académico Profesional de Estomatología; 2015.
17. Alexandra Jacqueline Aquino Valverde GdPAVJMDFPALRDAQLKJASKJASMVP. "EFECTIVIDAD DE FOTOPOLIMERIZACIÓN USANDO LÁMPARAS LED: UNA REVISIÓN". *Revista Científica Odontológica*. 2022 Setiembre; 10(3).
18. Ilie N HR. Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*. (Suppl 1). 2011.
19. D'Alpino PH PALLMFAGRF. Effect of mechanical loading on the microhardness of resin composite restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2007; 98(2).
20. FA R. State-of-the-art: Dental photocuring – a review. *Dental Materials*. 2011; 27(1).
21. A P. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*. 1997; 105(2).
22. JL F. Resin composite—state of the art. *Dental Materials*. 2011; 27(1).
23. Leo G. "Dureza de los materiales: definición, tipos y método de prueba". ARIA MANUFACTURING LIMITED. 2024 Junio.
24. Alvarez JT. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. Tesis para título profesional. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Académico Profesional de Odontología; 2002.

25. Physics I. Explicación de las pruebas de microdureza: pruebas de Vickers y Knoop. Base del conocimiento. 2024.
26. S.A.S S. "Ensayos de dureza". 2024.
27. Scientific E. ¿Qué es un ensayo de microdureza? Comparación de los métodos Vickers y Knoop. Evident Scientific. 2024 Mayo.
28. Inc. FT. Microdureza del esmalte dental en odontología. 2024.
29. Osvaldo Zmener PEMPRDP. "Microdureza de dos materiales endodónticos a base de silicato de calcio. Un ensayo ex vivo". Revista Asociación Odontológica Argentina. 2020 Julio; 35(81).
30. Wikipedia cd. Horno de microondas. Wikipedia, La enciclopedia libre. 2025. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Citar&page=Horno\\_de\\_microondas](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Citar&page=Horno_de_microondas)
31. QUO R. ¿Quién inventó el microondas? Revista Ciencia. 2015 Septiembre. Disponible en: <https://quo.eldiario.es/ciencia/a34823/quien-invento-el-microondas-2>
32. Sinope Cd. ¿Sabías que el microondas se inventó por investigar radares? Sucesos. 2015 Agosto. Disponible en: <https://cincosdesinope.com/sucesos/quien-como-y-cuando-seinvento-el-microondas/>
33. Rodriguez A. El (horno) microondas llegó para quedarse hace ya 67 años. El plural / el telescopio. 2016 Febrero. Disponible en: [https://www.elplural.com/el-telescopio/tech/elhorno-microondas-llego-para-quedarse-hace-ya-67-anos\\_39191102](https://www.elplural.com/el-telescopio/tech/elhorno-microondas-llego-para-quedarse-hace-ya-67-anos_39191102)
34. Magsells. horno de microondas y microondas Historia.. Piezas Microondas Horno. 2017 Enero.
35. Sheyla Karol Monteza-Iñiguez PLGMXCRZCGCDL. Resistencia Flexural de una Resina Compuesta Nanohíbrida Sometida a Técnicas de Termopolimerización Adicional. Polo del conocimiento. 2021 Noviembre; 6(11).
36. Manuel Restrepo MMNAAbMLSPWAR. Restauración onlay usando técnica semi-directa con resina compuesta. Reporte de un Caso. Revista CES Odontología. 2012; 25(2).

37. Pedro Molinero-Mourelle PSHDHRM. Materiales y técnicas para incrustaciones dentales. Research Gate. 2016 Enero; 18(1).
38. TELLO JDS. Influencia de la pospolimerización con temperatura al calor seco, en la resistencia flexural de una resina compuesta en restauraciones semi-directas. Tesis. Lima: UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA, FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA; 2017.
39. Rivera JM. Técnicas de fotopolimerización complementaria en la evaluación de la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas. KIRU. 2016; 13(1).
40. MEDINA JAD. Comparación de la resistencia compresiva de la resina nanohíbrida fotopolimerizada y con fototermoneumopolimerización, para la realización de restauraciones indirectas (estudio in vitro). Tesis para optar al Título Profesional. Arequipa: Universidad Alas Peruanas, ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGIA; 2017.
41. CALDERÓN MEDINA LM. Efecto de la sobrepolimerización con microondas en la dureza y resistencia de la resina para incrustaciones en la consulta privada. Para optar el Grado Académico de DOCTOR EN ODONTOLOGÍA. Arequipa: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, ESCUELA DE POSTGRADO; 2014.
42. DCV DCV. Influencia de la polimerización complementaria por calor (microondas) sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para técnica semi directa, Arequipa 2024. Datos no publicados. ; 2024.





# FICHAS DE DATOS

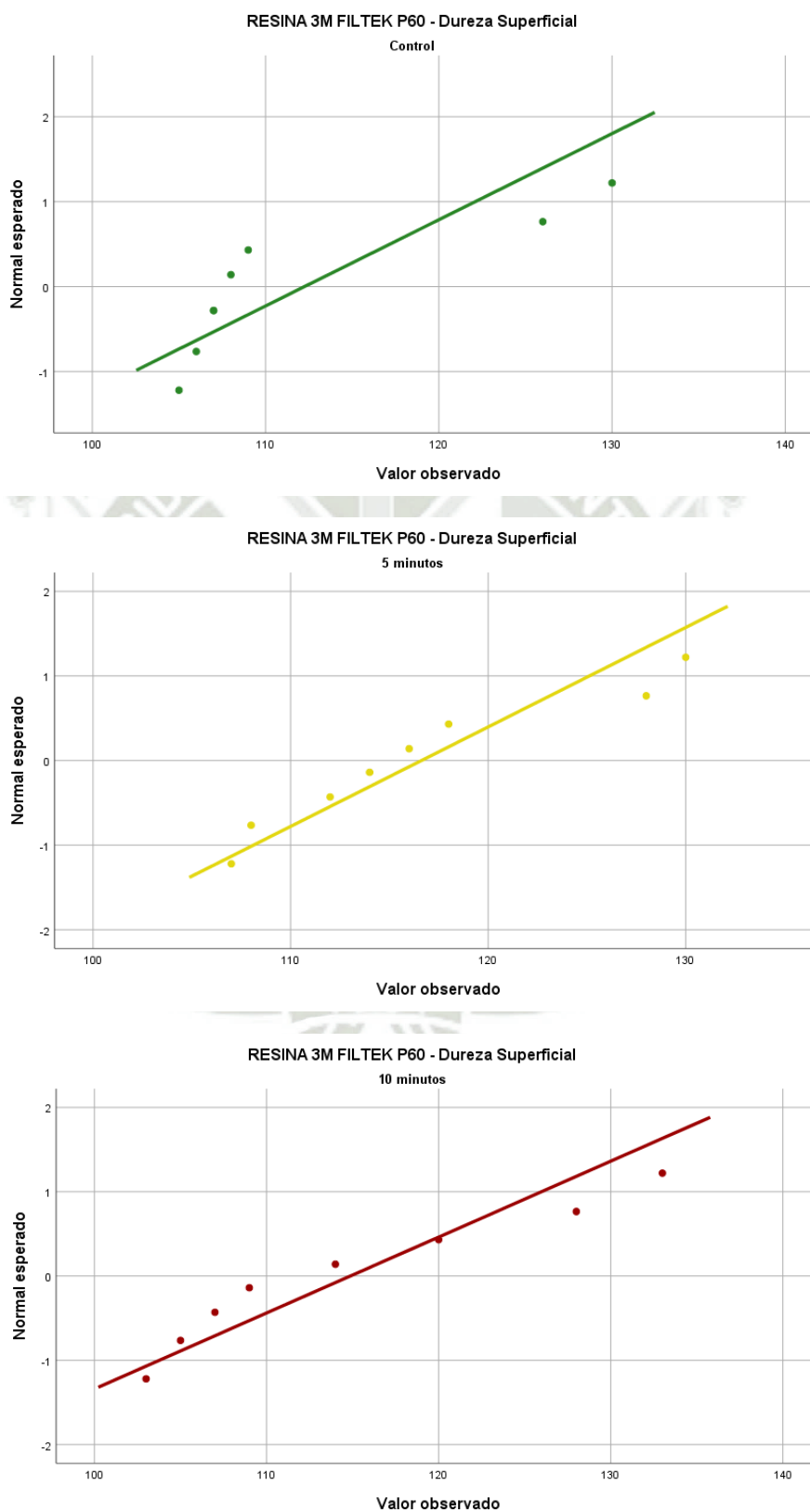
**TABLA 10**  
**PRUEBAS DE NORMALIDAD**

GRUPO	SHAPIRO – WILK		Muestras
	Valor	P	
	<b>RESINA 3M FILTEK P60</b>		
Control	0,903	0,302	8
5 minutos	0,906	0,325	8
10 minutos	0,908	0,338	8
	<b>RESINA ESTELITE POSTERIOR</b>		
Control	0,907	0,335	8
5 minutos	0,907	0,331	8
10 minutos	0,957	0,785	8

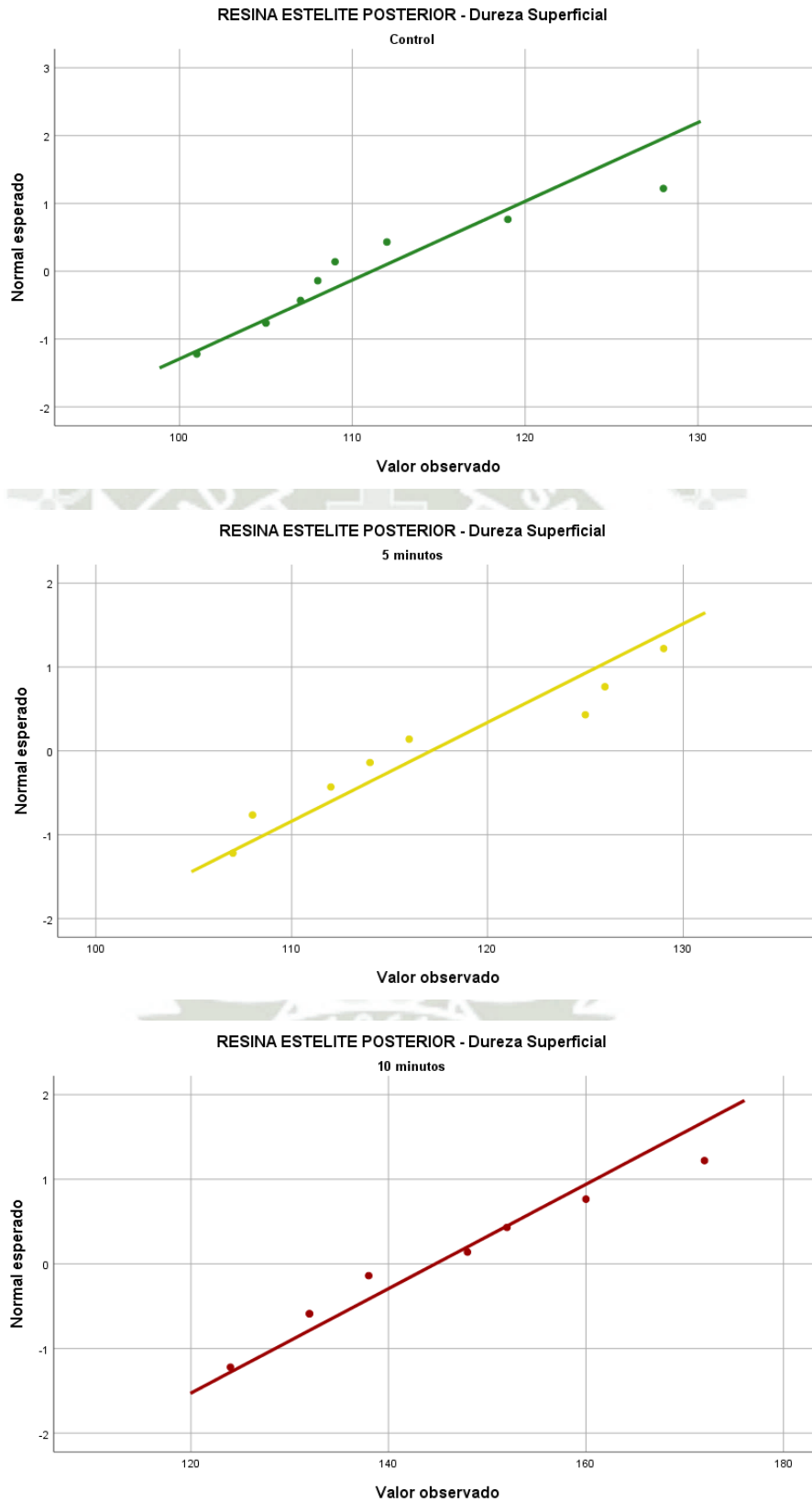
\*Estructura de datos

Tras la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, concluimos que los datos de los seis grupos presentaron una distribución normal, con valores de prueba superiores a 0,05. Por consiguiente, podemos realizar pruebas convencionales o de primera intención, en particular la prueba T de Student, en el marco de nuestro estudio.

**FIGURA 10: Normalidad RESINA FILTEK™ P60**



**FIGURA 11: Normalidad RESINA ESTELITE® POSTERIOR**



**TABLA 11**

**RECOLECCIÓN DE DATOS FILTEK™ P60**

Escala N° Muestra	A1 Control	A2 5 minutos	A3 10 minutos
	HV	HV	HV
1	126	128	114
2	108	130	103
3	109	112	105
4	130	108	109
5	105	114	133
6	107	116	120
7	106	118	128
8	107	107	107

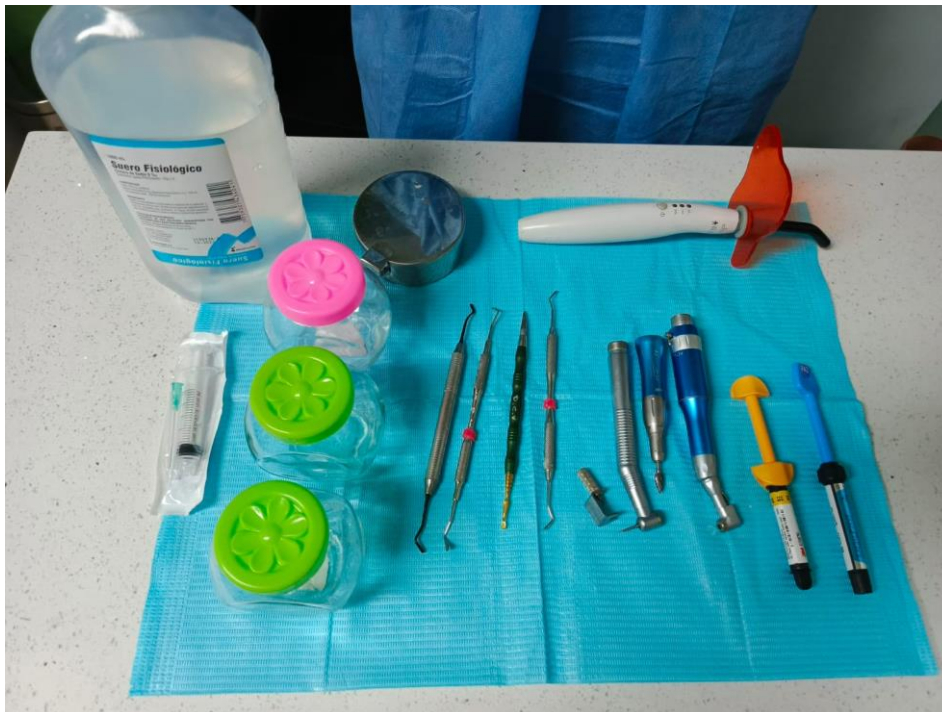
**TABLA 12**

**RECOLECCIÓN DE DATOS ESTELITE® POSTERIOR**

Escala N° Muestra	B1	B2	B3
	Control	5 minutos	10 minutos
	HV	HV	HV
1	108	129	160
2	107	112	132
3	109	108	148
4	112	107	172
5	105	114	152
6	101	125	124
7	119	126	138
8	128	116	132

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

*FIGURA 12: Elaboración de muestras (creación propia)*



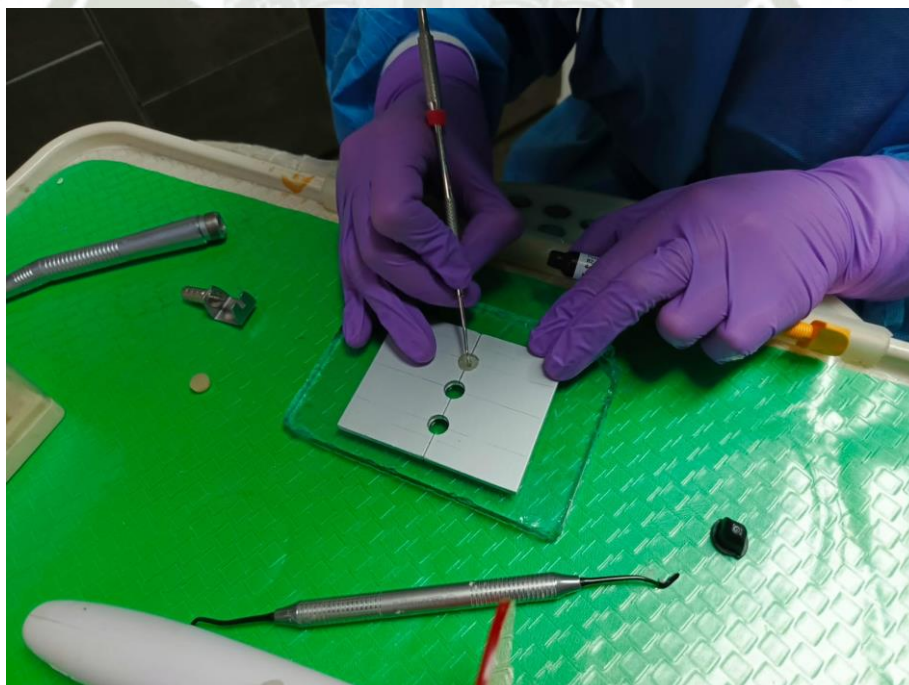
**FIGURA 13: Elaboración de muestras (creación propia)**



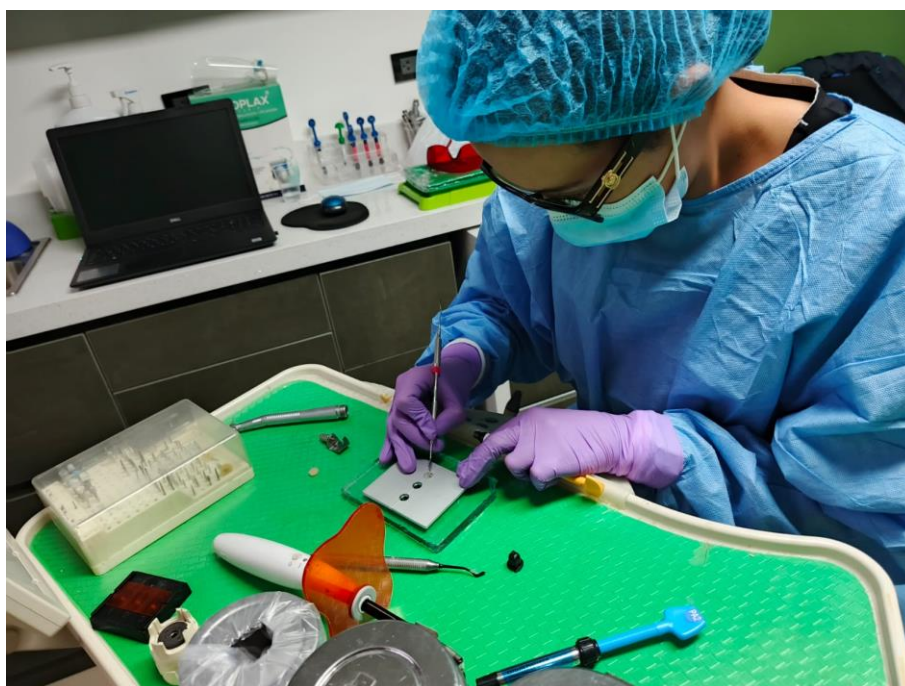
**FIGURA 14: Molde de Aluminio (creación propia)**



**FIGURA 15: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 16: Elaboración de muestras (creación propia)**



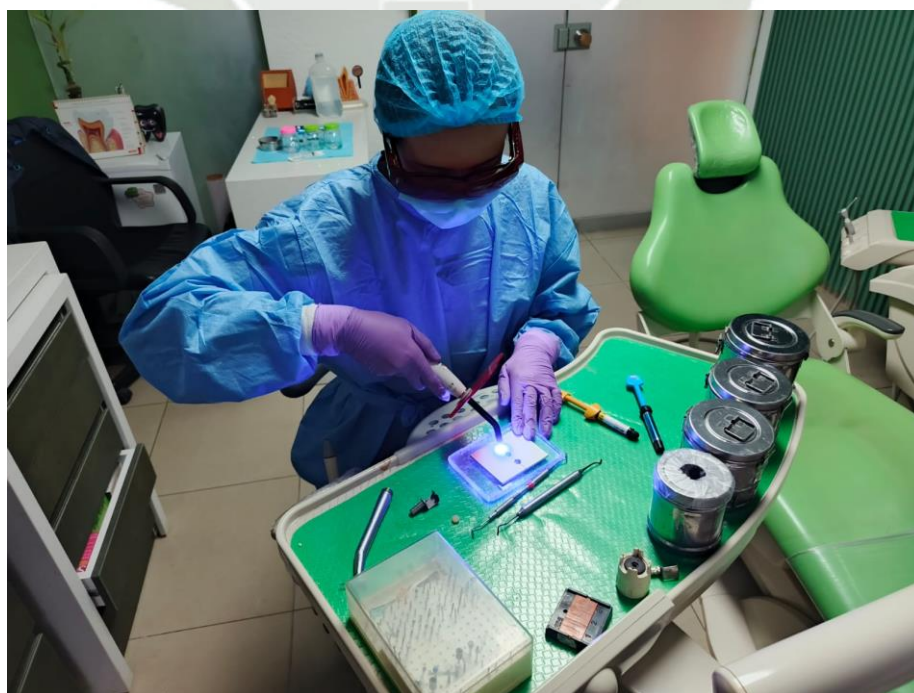
**FIGURA 17: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 18: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 19: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 20: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 21: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 22: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 23: Elaboración de muestras (creación propia)**



**FIGURA 24: Aparato de Durómetro marca GOYOJO (creación propia)**



## CERTIFICADOS Y CONSTANCIAS

### CERTIFICADO

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

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL  
 ESCALA : HR1 ST. conversión a HV  
 MUESTRAS : RESINA FILTEK™ P60, RESINA ESTELITE® POSTERIOR  
 NUMERO DE MUESTRAS : Total 24  
 SOLICITANTE : Daniela Carrasco Valdivia

### RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

#### RESINA FILTEK™ P60

Escala N° Muestra	A1 Control		A2 5 minutos		A3 10 minutos	
	HR1ST	HV	HR1ST	HV	HR1ST	HV
1	83.3	<b>126</b>	83.6	<b>128</b>	81.1	<b>114</b>
2	80.5	<b>108</b>	84.2	<b>130</b>	79.1	<b>103</b>
3	80.9	<b>109</b>	81.0	<b>112</b>	79.5	<b>105</b>
4	84.1	<b>130</b>	80.5	<b>108</b>	80.3	<b>109</b>
5	79.5	<b>105</b>	81.1	<b>114</b>	84.5	<b>133</b>
6	79.9	<b>107</b>	81.6	<b>116</b>	82.4	<b>120</b>
7	80.1	<b>106</b>	82.1	<b>118</b>	83.7	<b>128</b>
8	79.8	<b>107</b>	79.8	<b>107</b>	79.9	<b>107</b>

#### Observaciones:

Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 21 de abril del 2025



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

Ing. Guido Quispe Ampuero  
 CIP 103532

## CERTIFICADO

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

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL  
 ESCALA : HR1 ST. conversión a HV  
 MUESTRAS : RESINA FILTEK™ P60, RESINA ESTELITE® POSTERIOR  
 NUMERO DE MUESTRAS : Total 24  
 SOLICITANTE : Daniela Carrasco Valdivia

### RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

#### RESINA ESTELITE® POSTERIOR

Escala N° Muestra	A1 Control		A2 5 minutos		A3 10 minutos	
	HR1ST	HV	HR1ST	HV	HR1ST	HV
1	80.0	<b>108</b>	83.8	<b>129</b>	87.2	<b>160</b>
2	79.9	<b>107</b>	81.0	<b>112</b>	84.2	<b>132</b>
3	80.9	<b>109</b>	80.5	<b>108</b>	86.0	<b>148</b>
4	81.0	<b>112</b>	79.9	<b>107</b>	88.3	<b>172</b>
5	79.5	<b>105</b>	81.1	<b>114</b>	86.4	<b>152</b>
6	78.6	<b>101</b>	83.5	<b>125</b>	83.0	<b>124</b>
7	82.3	<b>119</b>	83.3	<b>126</b>	85.1	<b>138</b>
8	83.7	<b>128</b>	81.6	<b>116</b>	84.2	<b>132</b>

#### Observaciones:

Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 21 de abril del 2025



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

Ing. Guido Quispe Ampuero  
 CIP 103532