

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA**



TESIS

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Y CONTRACCIÓN DE LA RESINA NANOHIBRIDA
CONVENCIONAL VERSUS LA RESINA NANOHIBRIDA
CON CIRCONIO – CUSCO, 2024**

PRESENTADO POR:

**BACH. MANNIE GUADALUPE NINA
MORENO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE CIRUJANO
DENTISTA**

ASESOR:

DR. FELIPE LAQUIHUANACO LOZA

CUSCO-PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Comparación de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio - Cusco, 2024

Presentado por: Mannie Guadalupe Nina Moreno DNI N° 72420696

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de Cirujano Dentista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|-------------------------------------|
| Del 1 al 10% | No se considera plagio. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las correcciones. | <input type="checkbox"/> |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | <input type="checkbox"/> |

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de septiembre de 2025

.....
Firma

Post firma F. E. S. Saguiruana Sozo

Nro. de DNI 23951536

ORCID del Asesor 0000-0002-0285-1656

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:478209461

Mannie Guadalupe Nina Moreno

Tesis Guadalupe Nina final.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:478209461

85 Páginas

Fecha de entrega

3 ago 2025, 7:15 p.m. GMT-5

15.129 Palabras

Fecha de descarga

3 ago 2025, 7:27 p.m. GMT-5

83.942 Caracteres

Nombre de archivo

Tesis Guadalupe Nina final.pdf

Tamaño de archivo

2.1 MB

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Base de datos de Crossref

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi mamá y a mis
queridas tías Lupe y Leticia

AGRADECIMENTOS

A Dios y a la Virgen del Carmen, por ser mi luz y fortaleza en cada paso de este camino y por brindarme la fe necesaria para culminar este logro.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis tías Lupe y Leticia, por estar siempre presentes, ofreciendo su cariño, consejos y aliento en los momentos más importantes de mi vida.

A mis hermanos Gary, Paul y Ronny, por acompañarme en cada etapa de mi formación, siendo guías, compañeros y ejemplos a seguir.

A Aldair, por ser mi apoyo inquebrantable, por motivarme a seguir adelante y brindarme su compañía en todo momento.

A mis amigos y amigas, cuyas ocurrencias y palabras de aliento hicieron más llevadero el estrés de esta tesis, recordándome siempre que no todo es trabajo, sino también sonrisas compartidas.

A mis maestros de la universidad, quienes con su enseñanza y dedicación contribuyeron de manera invaluable a mi formación profesional.

Y especialmente, a mi asesor, Dr. Felipe Laquihuanaco Loza, por su guía, paciencia y compromiso durante todo el proceso, orientando con acierto este trabajo de investigación hasta su culminación.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| INDICE GENERAL..... | iii |
| INDICE DE TABLAS | iv |
| INDICE DE GRAFICOS | v |
| ABREVIATURAS | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| ABSTRACT | viii |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 11 |
| 1.1 Caracterización del problema | 11 |
| 1.2 Formulación del problema | 13 |
| 1.2.1 Problema general..... | 13 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 13 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 13 |
| 1.3.1 Objetivo general | 13 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 14 |
| 1.4 Justificación | 14 |
| 1.4.1 Relevancia social | 14 |
| 1.4.2 Valor teórico | 15 |
| 1.4.3 Conveniencia | 15 |
| 1.4.4 Implicancias practicas | 16 |
| 1.4.5 Utilidad metodológica | 17 |
| 1.5 Delimitación del estudio | 18 |
| 1.5.1 Delimitación espacial..... | 18 |
| 1.5.2 Delimitación temporal..... | 18 |
| 1.6 Limitaciones del estudio | 18 |
| CAPITULO II: MARCO TEORICO..... | 20 |
| 2.1 Antecedentes de estudios | 20 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales..... | 20 |
| 2.2.2 Antecedentes nacionales | 23 |
| 2.2.3 Antecedentes locales | 26 |
| 2.2 Bases teóricas..... | 27 |
| 2.3 Definición de términos básicos | 37 |
| CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION | 39 |
| 3.1 Diseño de investigación | 39 |
| 3.2 Tipo de investigación | 39 |
| 3.3 Población | 40 |
| 3.4 Muestra..... | 40 |
| 3.4.1 Muestra..... | 40 |
| 3.4.2 Criterios de selección de la muestra | 40 |
| 3.4.3 Tipo de muestreo | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 Unidad de análisis..... | 41 |
| 3.6 Variables..... | 42 |
| 3.6.1 Identificación de variables..... | 42 |
| 3.6.2 Operacionalización de variables..... | 43 |
| 3.7 Hipótesis..... | 45 |
| 3.7.1 Hipótesis general..... | 45 |
| 3.7.2 Hipótesis específicas..... | 45 |
| 3.8 Técnica e instrumento de recolección de datos..... | 45 |
| 3.8.1 Técnica de recolección de datos..... | 45 |
| 3.8.2 Instrumento..... | 46 |
| 3.8.3 Procedimientos..... | 46 |
| 3.8.3.1 Etapa de procedimientos administrativos..... | 49 |
| 3.8.3.2 Etapa de aplicación del instrumento..... | 50 |
| 3.9 Validez y confiabilidad de instrumentos..... | 50 |
| 3.10 Prueba piloto..... | 50 |
| 3.11 Calibración..... | 51 |
| 3.12 Plan de análisis de datos..... | 53 |
| 3.13 Aspectos éticos..... | 53 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS..... | 55 |
| 4.1 Resultados respecto a los objetivos específicos..... | 55 |
| 4.2 Resultados respecto al objetivo general..... | 68 |
| CAPITULO V: DISCUSION Y COMENTARIOS..... | 69 |
| CONCLUSIONES..... | 73 |
| SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 75 |
| ANEXOS..... | 70 |
| 1) Matriz de consistencia..... | 71 |
| 2) Matriz de instrumentos..... | 72 |
| 3) Resultados de la prueba piloto..... | 73 |
| 4) Resultados de la prueba final..... | 74 |
| 5) Gráficos de los resultados..... | 77 |
| 6) Validación del instrumento..... | 91 |
| 7) Certificados de Calibración..... | 96 |
| 8) Evidencia de ejecución de la investigación (fotografías y otros)..... | 98 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 01. Esfuerzo de compresion de los cilindros de resina | 50 |
| Tabla 02. Resultados del test de Shapiro–Wilk y prueba t para la resistencia a la compresión de las resinas nanohíbridas evaluadas | 50 |
| Tabla 03. Contracción final de los cilindros de resina..... | 51 |
| Tabla 04. Resultados del test de Shapiro–Wilk y prueba t para la contracción de las resinas nanohíbridas evaluadas | 51 |
| Tabla 05. Esfuerzo por compresión y contracción entre tipos de resina | 52 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 01. Diámetro de los cilindros del primer grupo | 77 |
| Gráfico 02. Diámetro de los cilindros del primer grupo según tipo de resina | 78 |
| Gráfico 03. Longitud de los cilindros del primer grupo | 79 |
| Gráfico 04. Longitud de cilindros del primer grupo según tipo de resina | 80 |
| Gráfico 05. Área de discos del primer grupo..... | 81 |
| Gráfico 06. Área de discos del primer grupo según tipo de resina..... | 82 |
| Gráfico 07. Esfuerzo por compresión de discos del primer grupo según tipo de resina | 83 |
| Gráfico 08. Diámetro de los cilindros del segundo grupo | 84 |
| Gráfico 09. Diámetro de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina..... | 85 |
| Gráfico 10. Longitud de los cilindros del segundo grupo..... | 86 |
| Gráfico 11. Longitud de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina | 87 |
| Gráfico 12. Área de los cilindros del segundo grupo..... | 88 |
| Gráfico 13. Área de los cilindros del primer grupo según tipo de resina..... | 89 |
| Gráfico 14. Contracción de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina..... | 90 |

ABREVIATURAS

mm.- milímetros

mm².- milímetros cuadrados

Mpa.- Megapascales

N.- Newton

RESUMEN

El incremento de caries ha elevado la demanda de restauraciones dentales. Las resinas compuestas nanohíbridas son ampliamente utilizadas por su estética, facilidad de manipulación y resistencia aceptable al desgaste. No obstante, su aplicación clínica presenta complicaciones frecuentes, siendo las más relevantes la contracción por polimerización y una resistencia a la compresión inadecuada, incrementando las caries recurrentes y fracturas. Esto compromete la salud bucal de los pacientes. Es fundamental elegir materiales compatibles con la biomecánica dental. Esta investigación compara una resina nanohíbrida convencional con otra resina con circonio, buscando determinar cuál ofrece mejor desempeño clínico y menor riesgo de falla.

Se elaboraron 20 cilindros (10 por grupo) de resina nanohíbrida convencional y con circonio, de 4 mm x 6 mm según ISO 4049. La resistencia a la compresión se evaluó con una prensa de rotura, y la contracción por polimerización mediante análisis dimensional. Se aplicó análisis estadístico para identificar diferencias significativas.

La resina Zirconfill mostró una mayor resistencia a la compresión (260.46 MPa) en comparación con la resina Z250 (244.94 MPa), con una diferencia estadísticamente significativa. En cuanto a la contracción, ambas resinas presentaron valores similares: Z250 con una media de 4.19% y Zirconfill con 4.12%, sin diferencias estadísticamente significativas. Estos resultados evidencian que la incorporación de circonio en la resina Zirconfill puede mejorar su resistencia mecánica sin aumentar significativamente la contracción.

Zirconfill mostró mayor resistencia a la compresión (260.46 MPa) que Z250 (247.75 MPa) y una contracción ligeramente menor (4.12 % vs. 4.19 %), lo que sugiere mejor desempeño mecánico y estabilidad dimensional, potencialmente reduciendo fallas clínicas.

Palabras clave: Resina nanohíbrida convencional, resina nanohíbrida con circonio, resistencia a la compresión, contracción lineal por polimerización.

ABSTRACT

The increase in caries has increased the demand for dental restorations. Nanohybrid composite resins are widely used for their aesthetics, ease of handling, and acceptable wear resistance. However, their clinical application presents frequent complications, the most significant of which are polymerization shrinkage and inadequate compressive strength, which increase the risk of recurrent caries and fractures. This compromises patients' oral health. It is essential to choose materials compatible with dental biomechanics. This research compares a conventional nanohybrid resin with another zirconium-based resin, seeking to determine which offers better clinical performance and a lower risk of failure.

Twenty cylinders (10 per group) of conventional and zirconium-containing nanohybrid resin, measuring 4 mm × 6 mm, were manufactured according to ISO 4049. Compressive strength was assessed using a fracture press, and polymerization shrinkage was evaluated by dimensional analysis. Statistical analysis was used to identify significant differences.

Zirconfill resin showed higher compressive strength (260.46 MPa) compared to Z250 resin (244.94 MPa), with a statistically significant difference. Regarding shrinkage, both resins presented similar values: Z250 with an average of 4.19% and Zirconfill with 4.12%, with no statistically significant differences. These results show that the incorporation of zirconium into Zirconfill resin can improve its mechanical strength without significantly increasing shrinkage.

Zirconfill showed higher compressive strength (260.46MPa) than Z250 (247.75MPa) and slightly lower shrinkage (4.12% vs. 4.19%), suggesting better mechanical performance and dimensional stability, potentially reducing clinical failures.

Key words: Conventional nanohybrid resin, nanohybrid resin with zirconium, compressive strength, linear polymerization shrinkage.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización del problema

El incremento del índice de caries en la población ha generado una mayor demanda de tratamientos restauradores que no solo devuelvan la funcionalidad del diente, sino que también garanticen una alta durabilidad y estética. En respuesta a estas exigencias, las resinas compuestas han experimentado una evolución significativa, permitiendo obtener restauraciones con propiedades mecánicas y estéticas cada vez más predecibles y satisfactorias (1).

Actualmente, las resinas compuestas se posicionan como uno de los materiales restauradores más utilizados en odontología, debido a su fácil manipulación, excelente apariencia estética y adecuada resistencia al desgaste. Sin embargo, su desempeño clínico aún enfrenta desafíos fundamentales: la contracción por polimerización y la resistencia a la compresión(2).

La contracción por polimerización es un fenómeno inherente al proceso de endurecimiento del material, en el cual la resina reduce su volumen al curar. Esta contracción puede provocar tensiones internas que comprometen la integridad de la restauración, generando microfracturas en el material, desadaptación marginal y formación de microfiltraciones. Estos defectos crean un ambiente favorable para la colonización bacteriana y el desarrollo de caries secundaria (2,3).

Por otro lado, la resistencia a la compresión es un parámetro crítico que determina la capacidad del material restaurador para soportar las fuerzas masticatorias sin fracturarse. Una restauración con baja resistencia a la

compresión es más susceptible a fracturas bajo carga funcional. Sin embargo, una resistencia excesivamente alta también puede ser perjudicial, ya que puede convertir al material en un cuerpo rígido que no se adapta a las propiedades biomecánicas naturales del diente (4).

Fisiológicamente, el diente humano está compuesto por el esmalte y la dentina, tejidos que trabajan en conjunto para absorber y distribuir las cargas masticatorias. El esmalte, extremadamente mineralizado, presenta una alta resistencia a la compresión, pero es frágil frente a fuerzas de tracción o impacto. En contraste, la dentina es más flexible y actúa como un amortiguador, distribuyendo las cargas de manera más uniforme hacia las estructuras internas del diente (5,6).

Cuando un material restaurador presenta una resistencia a la compresión significativamente mayor que la del complejo esmalte-dentina, puede alterar este equilibrio biomecánico. El exceso de rigidez puede inducir tensiones mecánicas en la interfase adhesiva y en los tejidos dentales, favoreciendo la aparición de microfisuras en el esmalte, fallos en la adhesión y, eventualmente, fracturas tanto en la restauración como en el diente natural (5,6).

Por ello, la selección de un material restaurador debe considerar no solo una alta resistencia mecánica, sino una resistencia a la compresión compatible con la biomecánica del diente, evitando tanto la fractura del material como el daño estructural al diente restaurado. Del mismo modo, una baja contracción por polimerización es esencial para garantizar un buen sellado marginal, preservar la integridad de la restauración y prevenir complicaciones secundarias.

En este contexto, resulta fundamental comparar dos tipos de resinas nanohíbridas: una de formulación convencional y otra modificada con partículas

de circonio. A través de ensayos físicos, se pretende determinar cuál de ellas exhibe una menor contracción de polimerización y una resistencia a la compresión más equilibrada, es decir, lo suficientemente alta como para resistir las cargas funcionales, pero sin comprometer la flexibilidad necesaria para integrarse armónicamente con los tejidos dentales. Esta evaluación permitirá establecer cuál de estas resinas ofrece una mejor adaptación biomecánica y un menor riesgo de falla clínica a largo plazo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existe diferencia en la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio - Cusco 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿La resina nanohibrida con circonio presenta una resistencia a la compresión superior a la resina nanohibrida convencional - Cusco 2024?
- 2) ¿La resina nanohibrida con circonio presenta menor contracción lineal en comparación a la resina nanohibrida convencional - Cusco 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comparar la resistencia a la compresión y contracción entre la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio, Cusco 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la resistencia a la compresión de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio, Cusco 2024.
2. Valorar la contracción lineal de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio-Cusco 2024.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Relevancia social

El presente trabajo posee una importante relevancia social, ya que contribuirá al conocimiento de la comunidad odontológica en relación con la elección adecuada de materiales restauradores. Específicamente, permitirá identificar cuál de las resinas evaluadas presenta menor contracción de polimerización y cuál posee una resistencia a la compresión más compatible con la estructura fisiológica del diente, es decir, un valor que se aproxime al promedio entre la resistencia del esmalte y de la dentina.

Este conocimiento brindará información a los profesionales en la toma de decisiones clínicas más precisas y fundamentadas, permitiendo realizar tratamientos restauradores más duraderos, funcionales y biocompatibles. Como resultado, se beneficiará directamente a los pacientes, ya que se reducirá el riesgo de fracturas, filtraciones y fallos restauradores, contribuyendo a la longevidad de las piezas dentarias tratadas y, en consecuencia, a una mejor calidad de vida.

1.4.2. Valor teórico

El valor teórico de la presente investigación radica en su contribución al acrecentamiento del conocimiento científico respecto a las propiedades físicas y mecánicas de dos materiales restauradores de última generación: la resina nanohíbrida con circonio y la resina compuesta nanohíbrida convencional. Ambas pertenecen a la más reciente evolución de resinas compuestas, caracterizadas por la incorporación de partículas de tamaño nanométrico, lo cual optimiza su resistencia mecánica, comportamiento clínico y propiedades estéticas. El análisis comparativo de la resistencia a la contracción y la resistencia a la compresión de estos materiales contribuirá a enriquecer la base científica existente, proporcionando datos útiles para futuras investigaciones, así como para la selección informada y racional de materiales restauradores en la práctica clínica. De esta manera, se fortalece el vínculo entre la investigación y la aplicación odontológica basada en evidencia.

1.4.3. Conveniencia

La conveniencia de comparar la resistencia a la compresión y la contracción entre la resina nanohíbrida convencional y la resina nanohíbrida con circonio radica en la amplia utilización de estos materiales en la práctica odontológica diaria. Las resinas compuestas han evolucionado constantemente, mejorando sus propiedades mecánicas, estéticas y de durabilidad para responder a las crecientes exigencias clínicas. En este proceso de innovación, las resinas nanohíbridas representan una generación avanzada que busca superar las limitaciones de sus predecesoras. La inclusión de circonio en la formulación de algunas resinas se ha propuesto como una estrategia para reforzar su estructura, gracias a las excelentes propiedades físicas y químicas del circonio, como su

alta resistencia mecánica, estabilidad térmica y baja contracción. Estas características podrían traducirse en mejor adaptación marginal, mayor longevidad clínica y menor riesgo de fracturas o fallos restauradores.

Por ello, evaluar comparativamente ambas resinas resulta altamente conveniente, ya que los resultados obtenidos ofrecerán una base objetiva para la toma de decisiones clínicas, ayudando al odontólogo a elegir el material más adecuado según las necesidades funcionales y biomecánicas del caso. Además, esta información permitirá optimizar los tratamientos restauradores, aumentando su efectividad y beneficiando directamente al paciente mediante restauraciones más resistentes, estables y duraderas.

1.4.4. Implicancias prácticas

Las implicancias prácticas de esta investigación se centran en demostrar los beneficios clínicos del uso de resinas compuestas nanohíbridas, específicamente mediante la comparación entre una resina nanohíbrida convencional y una resina nanohíbrida con partículas de circonio. Esta evaluación permitirá determinar si la incorporación de circonio contribuye de manera significativa a mejorar la resistencia a la compresión y a reducir la contracción de polimerización, dos factores clave en el éxito a largo plazo de los tratamientos restauradores.

Los hallazgos obtenidos podrían aportar evidencia relevante para sustentar el uso clínico de resinas reforzadas con circonio como una alternativa más estable, duradera y funcional frente a las opciones convencionales. De comprobarse estas ventajas, los profesionales de la odontología contarán con un criterio más sólido para seleccionar el material restaurador más adecuado, optimizando así los resultados clínicos, disminuyendo el riesgo de fallos restaurativos y

mejorando la calidad de vida del paciente al preservar la integridad de la estructura dentaria por un mayor periodo de tiempo.

1.4.5. Utilidad metodológica

La utilidad metodológica de la presente investigación radica en la aplicación de procedimientos estandarizados y validados para evaluar dos propiedades físicas fundamentales en las resinas compuestas: la resistencia a la compresión y la contracción lineal.

Por un lado, la resistencia a la compresión será determinada utilizando una prensa de rotura, que aplicará una carga progresiva y controlada sobre las muestras hasta provocar su fractura. El valor máximo soportado por cada muestra será registrado en Megapascales (MPa), permitiendo una evaluación objetiva y comparativa entre ambas resinas. Esta metodología garantiza resultados reproducibles y confiables, y puede ser aplicada en el análisis de otros materiales odontológicos como cementos, ionómeros de vidrio y resinas tipo bulk fill, lo que contribuye al fortalecimiento de la investigación en ciencias odontológicas.

Por otro lado, se evaluará también el porcentaje de contracción por polimerización, una propiedad crítica que puede comprometer la integridad marginal de la restauración. Será medido utilizando un protocolo estandarizado de medición lineal antes y después de la fotocuración. Los valores obtenidos permitirán identificar qué resina presenta menor contracción, lo cual es fundamental para reducir riesgos de microfiltración, caries recurrente, fracturas marginales y sensibilidad postoperatoria.

La incorporación de ambas variables en el análisis metodológico no solo enriquece el valor científico del estudio, sino que también proporciona una herramienta comparativa útil para clínicos y académicos, al ofrecer datos relevantes sobre el comportamiento mecánico y dimensional de estas resinas en condiciones controladas de laboratorio. Esta información puede ser clave para mejorar la toma de decisiones clínicas en tratamientos restauradores.

1.5. Delimitación

1.5.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizará en el laboratorio CONGEOINGC EIRL., ubicado en el distrito de Wanchaq, de la ciudad del Cusco, Departamento de Cusco.

1.5.2. Delimitación temporal

La presente investigación se realizará en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2024

1.6. Limitaciones del estudio

La Universidad cuenta con los equipos para medir contracción y compresión, sin embargo, dichas maquinas no están calibradas, lo que puede introducir errores de medición o variabilidad en los resultados.

El laboratorio no está destinado exclusivamente al análisis de resinas, por lo que el acceso a los equipos depende de la disponibilidad entre otras pruebas programadas, lo cual podría generar demoras en la ejecución de los ensayos.

No existe antecedentes actuales sobre la contracción de resinas compuestas nanohíbridas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes de estudios

1.1.1. Antecedentes internacionales

Leite de Caldas A. (Natal- Brasil, 2020), en su investigación “Evaluación in vitro de propiedades mecánicas de resinas compuestas con adición de circonio y diatomita utilizadas en restauraciones semidirectas”, cuyo objetivo fue analizar la fuerza de unión, el patrón de fractura, la profundidad de polimerización, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad en resinas compuestas convencionales con adición de circonio, de circonio más diatomita, y en resinas de incremento único, empleadas en restauraciones semidirectas.

Se prepararon cavidades en dentina de incisivos bovinos (N=136) para restauraciones semidirectas, utilizando cuatro tipos de resina: Bulk Fill (3M ESPE®), Z250 XT (3M ESPE®), Zirconfill (BM4®) y Z350 XT (3M ESPE®). Las muestras fueron almacenadas a 37 °C durante 24 horas o 6 meses. Se evaluaron fuerza de unión, patrón de fractura, profundidad de polimerización, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad mediante ensayos mecánicos estandarizados.

Sus resultados indicaron que la resina Zirconfill presentó la mayor fuerza de unión comparada con Bulk Fill. Tras el envejecimiento, Z350 mostró un aumento en la fuerza de unión. A las 24 horas no hubo diferencias en resistencia a la flexión, pero después de 6 meses Zirconfill presentó el mayor aumento. Además, Zirconfill y Z350 incrementaron significativamente su módulo de elasticidad con el tiempo. Predominaron fracturas mixtas y no se encontraron diferencias significativas en la profundidad de polimerización. Concluye que las resinas con

adición de circonio o circonio-diatomita, especialmente Zirconfill y Z350XT, mostraron mejores propiedades mecánicas. Se recomienda realizar estudios clínicos para validar estos resultados in vitro (7).

Gaoying H et al. (Nanying-China, 2020), en su investigación “Propiedades mecánicas de la resina nanohíbrida con compuestos que contienen diversas fracciones de masa de partículas de circonio modificado”, cuyo objetivo fue investigar el efecto de diferentes fracciones de masa de nanopartículas y micropartículas de circonio, acondicionadas o no con MDP, y de diversos sistemas iniciadores sobre las propiedades mecánicas de compuestos de resina nanohíbrida.

Se elaboraron composites de resina fotopolimerizables (L) y de curado dual (D) con una fracción de masa de relleno de 55 %. Se incorporaron diferentes porcentajes de circonio (0 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 % y 55 % en peso), algunos tratados con MDP. Se evaluaron resistencia a la flexión en tres puntos, módulo elástico, módulo de Weibull, parámetro de translucidez y citotoxicidad celular mediante ensayo CCK8. La caracterización estructural se realizó mediante TEM, FTIR y XPS.

En los resultados los composites con un 5 % a 20 % en peso de nanorrelleno de circonio, tratados o no con MDP, mostraron mayor resistencia a la flexión que el grupo control sin circonio. También se observaron cambios en la opacidad y baja viscosidad de los materiales de curado dual. Se concluye que el nanorrelleno de circonio mejoró las propiedades mecánicas de la resina nanohíbrida, aunque no reemplaza al relleno de sílice. Los composites experimentales de curado dual pueden funcionar como cementos de resina con mejores características de opacidad y viscosidad (8).

Rodríguez D. (Tungurahua-Ecuador,2020), en su investigación “Evaluación de la resistencia a la compresión de la resina compuesta nanohíbrida con microrelleno de zirconio/sílice fotopolimerizada con dos lámparas LED de alta intensidad”. Tuvo el objetivo de evaluar la resistencia a la compresión de una resina compuesta nanohíbrida con microrelleno de zirconio/sílice fotopolimerizada con dos lámparas LED de alta potencia.

Se elaboraron 20 probetas de resina de 8 mm de altura y 4 mm de diámetro utilizando una matriz metálica calibrada. La resina (Filtek 350, 3M-ESPE) se colocó en incrementos de 2 mm y se fotopolimerizó según el grupo de estudio: 10 probetas con lámpara VALO® (ULTRADENT, 1280 mW/cm²) y 10 con lámpara S.P.E.C. 3® (COLTENE, 1260 mW/cm²). Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en agua destilada a 37 °C durante 24 horas, pulidas, medidas, y sometidas a prueba de compresión en una máquina universal MTS JJ MACHINE TYPE T5002.

En los resultados el análisis ANOVA unidireccional mostró diferencias significativas entre los grupos. El grupo fotopolimerizado con la lámpara S.P.E.C. 3® obtuvo valores de resistencia a la compresión significativamente superiores a los del grupo VALO® ($p = 0,016$). Se concluye que la resina compuesta nanohíbrida con microrelleno de zirconio/sílice presentó un mejor desempeño en resistencia a la compresión cuando fue fotopolimerizada con la lámpara S.P.E.C. 3® (9).

Antecedentes nacionales

Gonzales K. (Lima- Perú, 2024), en su investigación “Resistencia a la compresión de tres resinas utilizadas en el sector posterior: estudio in vitro”.

Tuvo como objetivo comparar in vitro la resistencia a la compresión de cilindros fabricados con la resina microhíbrida FILTEK™ Z250 (3M ESPE) y dos resinas nanohíbridas: Luna™ (SDI) y Brilliant NG™ (COLTENE).

Se trató de un estudio experimental, prospectivo, transversal y comparativo. La muestra consistió en tres grupos, con 8 cilindros por grupo, siguiendo la norma ISO 3597-3. Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron en una máquina digital de ensayo universal, posicionando los cilindros de forma vertical y aplicando una carga compresiva en el centro diametral a una velocidad de 0.75 mm/min hasta su fractura.

Los resultados muestran que los promedios de resistencia a la compresión fueron: FILTEK™ Z250: $260,32 \pm 39,24$ Mpa, Luna™ SDI: $191,28 \pm 19,26$ MPa Y Brilliant NG™ COLTENE: $167,17 \pm 20,69$ Mpa. Se halló una diferencia estadísticamente significativa entre FILTEK™ Z250 y Luna™ SDI ($p = 0,044$), así como entre FILTEK™ Z250 y Brilliant NG™ COLTENE ($p < 0,001$). Se concluye que la resina microhíbrida FILTEK™ Z250 (3M ESPE) presentó una mayor resistencia a la compresión que las resinas nanohíbridas Luna™ (SDI) y Brilliant NG™ (COLTENE) (10).

Padilla M. (Huancayo- 2024), en su investigación Resistencia a la compresión de resinas convencionales y tipo Bulk Fill. Estudio in vitro en Lima-Perú durante el año 2023, cuyo objetivo fue comparar la resistencia a la compresión entre las resinas convencionales y tipo *bulk fill* en Lima-Perú durante el año 2023.

Para ello, se llevó a cabo una investigación aplicada, de alcance explicativo y diseño experimental, donde se trabajó con una muestra de 120 barras de resinas convencionales y tipo *bulk fill* de diferentes marcas comerciales, a las cuales se evaluó el grado de resistencia a la compresión, con ayuda de una ficha de recolección de datos.

Los resultados arrojaron que la resina Filtek Z250 presentó una resistencia de 273.054 ± 18.21 mientras que la resina Filtek Bulk Fill presentó una resistencia de 287.392 ± 41.80 Mpa ; la Tetric N Ceram mm mostraba menor resistencia a la compresión que la Filtek Bulk Fill presentando una resistencia a la compresión de 252.786 ± 25.72 . Finalmente, se halló una diferencia estadísticamente significativa entre Filtek bulk fill y FILTEK™ Z250 ($p = 0,06$), así como entre Filtek bulk fill y Tetric N Ceram ($p=0,06$). Se llegó a la conclusión de que la resistencia a la compresión de las resinas *bulk fill* fue significativamente mayor que la de las resinas convencionales.

Gaméz E. (Lima- Perú,2020), en su investigación “Resistencia a la compresión de la resina nanohíbrida en comparación con la resina tipo Bulk Fill utilizando la técnica incremental y monoincremental. Estudio in vitro”. Tuvo como objetivo comparar la resistencia a la compresión de la resina nanohíbrida y la resina tipo Bulk Fill utilizando las técnicas incremental y monoincremental.

Se emplearon dos tipos de resinas: una nanohíbrida y una tipo Bulk Fill. Ambas fueron moldeadas en forma de cilindros con 8 mm de longitud y 4 mm de diámetro. Para la técnica incremental se utilizaron incrementos de 2 mm, mientras que en la técnica monoincremental se usaron incrementos de 4 mm. Los cilindros fueron sometidos a pruebas de compresión utilizando una máquina de ensayos universal hasta lograr su fractura. Los datos obtenidos fueron

procesados con el software SPSS versión 23, aplicando la prueba estadística T de Student para muestras independientes.

En los resultados refiere que la resina nanohíbrida presentó una resistencia a la compresión de 254.90 ± 38.97 MPa con la técnica monoincremental y de 199.65 ± 44.29 MPa con la técnica incremental. Por su parte, la resina Bulk Fill alcanzó 226.36 ± 28.17 MPa con la técnica monoincremental y 211.16 ± 19.97 MPa con la técnica incremental. La investigación concluye que la resina Bulk Fill con técnica monoincremental mostró una mayor resistencia a la compresión que la resina nanohíbrida con técnica incremental (12).

2.1.3. Antecedentes locales

Jordán A. (Cusco- Perú, 2024), en su investigación “Comparación de la resistencia a la compresión de resinas compuestas utilizando la técnica incremental y monoincremental”, cuyo objetivo fue determinar la resistencia a la compresión de resinas compuestas aplicando la técnica incremental y la técnica monoincremental.

Se utilizaron dos resinas compuestas: FILTEK Z250 de 3M y POLOFIL SUPRA VOCO. Se prepararon 20 especímenes cilíndricos de 6 mm de diámetro y 10 mm de altura, divididos en cuatro grupos: 5 especímenes de POLOFIL SUPRA VOCO con técnica monoincremental, 5 especímenes de POLOFIL SUPRA VOCO con técnica incremental, 5 especímenes de FILTEK Z250 de 3M con técnica monoincremental, 5 especímenes de FILTEK Z250 de 3M con técnica incremental y se evaluó la resistencia a la compresión de cada grupo.

En los resultados se evidencia que la resina FILTEK Z250 (técnica incremental): 272.02 Mpa, POLOFIL SUPRA VOCO (técnica incremental): 248.01 Mpa,

FILTEK Z250 (técnica monoincremental): 199.38 Mpa, POLOFIL SUPRA VOCO (técnica monoincremental): 187.43 Mpa. La técnica incremental mostró mayores valores de resistencia en ambas resinas. Se concluye con que se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas. La técnica incremental proporcionó mayor resistencia a la compresión que la técnica monoincremental en ambas resinas estudiadas (13).

Luego de una búsqueda en bases de datos como PubMed, Scopus, Scielo, LILACS, utilizando las palabras clave “contracción por polimerización” AND “resina nanohíbrida con circonio” , “resina compuesta” AND “volumen de contracción” AND “Zirconfill”, “Filtek Z250” AND “contracción lineal” , “composite resin shrinkage” AND “zirconia-based nanohybrid resin”, “polymerization shrinkage” AND “nanohybrid composite” AND “zirconia particles”, se concluye que no se encontraron estudios en los últimos 5 años que evalúen específicamente la contracción por polimerización de las resinas nanohíbridas del estudio, lo que evidencia una brecha de investigación en esta área.

1.2. BASES TEÓRICAS

Resinas compuestas nanohíbridas

Las resinas compuestas nanohíbridas son materiales dentales que combinan partículas de diferentes tamaños, lo que les permite ofrecer propiedades mecánicas y estéticas superiores. Estas resinas están diseñadas para mejorar la resistencia a la compresión y minimizar la contracción durante el proceso de polimerización. La inclusión de partículas de circonio en estas formulaciones ha demostrado ser efectiva para aumentar la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional (14,15).

Según Gutiérrez Raymondi (2017), el desarrollo de resinas compuestas con nanopartículas ha permitido no solo mejorar la resistencia a la compresión, sino también optimizar la adaptación a las estructuras dentales, lo cual es fundamental para prevenir la infiltración de caries y asegurar la longevidad de las restauraciones (14).

Composición química de las resinas compuestas nanohíbridas

1. Matriz orgánica

Está formada por una mezcla de monómeros similares a los de las resinas convencionales:

Bis-GMA, UDMA y TEGDMA, que forman la red polimérica tras la fotopolimerización.

Algunas formulaciones modernas sustituyen el Bis-GMA por monómeros de menor viscosidad y menor liberación de bisfenol A, como el Bis-EMA (etoxilado del Bis-GMA), buscando reducir la contracción y mejorar la conversión del monómero (15,16).

2. Relleno inorgánico nanohíbrido

Este es el principal elemento diferenciador. Las resinas nanohíbridas utilizan una combinación de partículas micrométricas y nanométricas:

Rellenos nanométricos (1–100 nm): como sílice coloidal o partículas de óxido de zirconio, que mejoran el pulido, la translucidez y la resistencia a la abrasión.

Rellenos micrométricos (0.4–1.0 μm): generalmente de vidrio bario o silicato de circonio-aluminio, que brindan resistencia mecánica y radiopacidad. (15,16).

La distribución homogénea y compacta de estos rellenos permite lograr un alto contenido de carga (hasta 77–79% en peso), mejorando la resistencia a la compresión y reduciendo la contracción por polimerización (15,16).

3. Agente de acoplamiento

Se utiliza silano como agente de unión entre las partículas de relleno y la matriz orgánica, igual que en otras resinas compuestas. Esta unión química es esencial para garantizar la transferencia de cargas y la durabilidad de la restauración (15,16).

4. Sistema iniciador

Usan sistemas Fotoiniciadores convencionales basados en canforquinona (CQ) activados por luz azul visible. Algunas marcas incorporan iniciadores adicionales para mejorar la eficiencia de la polimerización y reducir la contracción (15,16).

Propiedades generales de las resinas nanohíbridas

Las resinas nanohíbridas presentan una serie de propiedades que las hacen particularmente adecuadas para su uso en odontología. Entre estas propiedades se incluyen (17):

a) Resistencia a la Compresión: Esta es una de las propiedades mecánicas más críticas, ya que permite a las restauraciones soportar las fuerzas generadas durante la masticación (17).

Durante el acto masticatorio las piezas dentarias se someten a tres diferentes variantes de deformación. La distorsión por compresión que trata de acortar un elemento, deformación por fuerza tensional que trata de aumentar la longitud de un elemento y distorsión por corte cuando el

artículo es subyugado a dos fuerzas iguales en sentidos contrarios que tratan de doblar el objeto sobre sí (17).

La resistencia compresiva está definida como la fuerza máxima que un objeto es capaz de aguantar expuesto a una carga de aplastamiento. Indica la fuerza necesaria para lograr su ruptura (11,17). Son fuerzas iguales en sentidos contrarios que disminuyen el tamaño de un cuerpo hasta fracturarlo, a esto le llamamos fuerza compresiva (17).

El esmalte y la dentina humanos deben utilizarse como estándares fisiológicos para comparar las resinas compuestas, especialmente en la región posterior. La resistencia a la compresión del esmalte (384 MPa) y la dentina (297 MPa) y la resistencia a la fractura de un diente natural (molar = 305 MPa; premolar = 248 MPa) ofrecen excelentes estándares mecánicos para seleccionar la resistencia óptima para resinas compuestas (18).

La dentina es uno de los principales tejidos que componen los dientes, desempeñando un papel crucial en la protección de la pulpa y en la distribución de las fuerzas masticatorias hacia el esmalte y las estructuras subyacentes. Aunque es menos mineralizada que el esmalte, la dentina tiene propiedades mecánicas que la hacen resistente a la compresión, aunque no puede soportar fuerzas superiores a ciertos niveles pues sufre daño estructural (20).

El tejido dentinario se desarrolla a partir de células especializadas llamadas odontoblastos, que derivan de la cresta neural y se encuentran en la periferia de la pulpa dental (20), durante la etapa de formación, los odontoblastos secretan una matriz orgánica rica en colágeno tipo I, que

luego se mineraliza mediante la deposición de cristales de hidroxiapatita. Esta mineralización no es uniforme; por lo tanto, la dentina presenta zonas de distinta densidad mineral, lo que influye en su capacidad para resistir fuerzas externas (20,21).

La dentina es un tejido especializado que combina características de flexibilidad y rigidez. Está compuesto por un 70% de material inorgánico (principalmente hidroxiapatita), un 20% de material orgánico (predominantemente colágeno tipo I y proteínas no colágenas), y un 10% de agua. Este equilibrio permite que la dentina actúe como un material de amortiguación que distribuye las fuerzas masticatorias desde el esmalte hacia la pulpa y las estructuras periodontales (20).

Desde el punto de vista fisiológico, la dentina actúa como un amortiguador mecánico. Las propiedades biomecánicas de la dentina están diseñadas para absorber y redistribuir las fuerzas masticatorias y oclusales, protegiendo la pulpa subyacente de daños mecánicos y vibraciones. La capacidad de la dentina para cumplir esta función está directamente relacionada con su composición y estructura. La resistencia a la compresión de la dentina es significativamente menor que la del esmalte, lo que se debe a su menor contenido mineral ya la disposición de los túbulos dentinarios (21).

Unidad de medida de la fuerza compresiva:

La unidad de medida de la compresión es los Megapascales (MPa)

La fuerza se mide en newton(N) por ello la tensión se mide en N, esto va dividida por la unidad de superficie al cuadrado (10,18).

Entonces: $1Pa = 1N/m^2$ (10,18)

Cálculo de la fuerza compresiva

Área del cilindro= área de la base + área de la superficie curva (18).

El instrumento de medición arrojará el dato N, finalmente se opera la fórmula de resistencia compresiva: $Pa = 1N/m^2$ (18).

Instrumento de medición de la fuerza compresiva: prensa de rotura

Es una máquina de ensayos automática, Es una máquina de compresión, cuenta con una bomba eléctrica de 100,00 KG, en la que se puede variar la velocidad, este posee un indicador digital con batería interna es de acero de alta resistencia y su diseño es para laboratorios y campo, tiene un peso de 2000kg, la marca es TYB-2000B (22).

b) Contracción de polimerización: La contracción durante el proceso de polimerización puede provocar espacios en la interfaz entre la resina y el diente, lo que puede llevar a la pérdida de la restauración (17,23).

El proceso de polimerización es complejo y envuelve numerosos pasos. Al principio, se forman cadenas poliméricas lineares, las cuales se van ramificando, formando cadenas cruzadas entre las cadenas lineares, constituyendo una verdadera red polimérica. A medida en que las cadenas poliméricas van aumentando en tamaño, aumentan también su peso molecular y su dureza. El momento en que la resina pasa del estado fluido para el estado viscoso es denominado punto gel. Este punto es muy importante, porque a partir de él, la resina adquiere un alto módulo de elasticidad, pierde la capacidad de escurrir y comienza a transferir el estrés generado en la contracción de polimerización a la interfase diente-

restauración, es decir a la superficie adherida. La contracción de polimerización que ocurre antes del punto gel es denominada de contracción pre-gel. En la fase pre-gel, las moléculas pueden deslizar y adquirir nuevas posiciones y orientaciones, compensando el estrés de contracción de polimerización. En esta fase, el estrés de contracción generado no es transferido para la interfase de unión, debido a la capacidad de escurrimiento de las moléculas. Sin embargo, después del punto gel, conocida como fase post-gel, la capacidad de escurrimiento de la resina queda restringida, debido al aumento de ligaciones cruzadas ya establecidas en la matriz. Toda fuerza de estrés de contracción generado a partir de ese punto será transferida para la interfase de unión diente-restauración (24).

La contracción total es definida como la suma de la contracción pre y post-gel. El estrés desarrollado durante la contracción puede generar fuerzas capaces de romper la resistencia adhesiva de la restauración a las paredes cavitarias (25). Recientemente, ha sido propuesto como forma de minimizar el estrés de la contracción de la polimerización el alargamiento de la fase pre-gel de la resina compuesta. Una importante característica de las resinas químicamente activadas es el menor estrés de contracción desarrollado durante la polimerización, en virtud de su fase pre-gel larga. Las resinas fotopolimerizables poseen una polimerización más rápida, con menor capacidad de escurrimiento. Teóricamente, cuanto menor la capacidad de escurrimiento de la resina, mayor el estrés de contracción, lo que es decisivo para el proceso adhesivo (25).

Cálculo de la contracción:

1. Contracción Total (tras 24 h en agua destilada):

Se halla con medida después de 24 horas (Valor final) y el valor inicial:

$$\text{Contracción total (\%)} = \frac{\text{final} - \text{inicial}}{\text{inicial}} \times 100$$

Esto refleja la contracción global, considerando cambios adicionales (como posibles reacciones post-curado, expansión o contracción inducida por la absorción de agua) (26).

Instrumento de medición de la fuerza compresiva: micrómetro

Un micrómetro es un instrumento de medición de alta precisión utilizado para medir dimensiones pequeñas, generalmente en el rango de centésimas o milésimas de milímetro (0,01 mm o 0,001 mm). (32) Su diseño se basa en un tornillo micrométrico, que permite un ajuste fino y una lectura precisa de las dimensiones (34,35).

c) Estética: Las resinas compuestas nanohíbridas tienen un excelente rendimiento estético, gracias a su capacidad para mimetizar el color y la translucidez del diente natural (14).

d) Facilidad de manejo: Estas resinas ofrecen una buena trabajabilidad, permitiendo un fácil posicionamiento y adaptación en el sitio de la restauración (14).

Resina compuesta nanohíbrida convencional: Filtek™ Z250 3M™

Es un material restaurador estético foto polimerizable para uso en restauraciones anteriores y posteriores. El relleno del restaurador Filtek Z250 es sílice, su matriz de resinas contiene BIS-GMA, UDMA y BIS-EMA. Se utiliza un adhesivo dental,

Single Bond 2 o Single Bond Universal de 3M ESPE. Este material restaurador está disponible en una gran variedad de colores. Viene presentado en las jeringas de 4g (36).

Indicaciones de uso

- Restauraciones anteriores y posteriores
- Técnica Sándwich con un material de ionómero de vidrio modificado con resina
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Ferulizaciones
- Restauraciones indirectas anteriores y posteriores que incluyen inlays, onlays y carillas (27).

Instrucciones de uso

El restaurador Filtek Z250 se aplica en incrementos de 2,0 mm para la mayoría de los tonos, fotopolimerizando por 20 segundos (36).

Resina compuesta nanohíbrida con circonio: Zirconfill de BM4

Zirconfill es otra resina compuesta nanohíbrida que se caracteriza por su alto contenido de carga inorgánica, formada principalmente por partículas de circonio/sílice. Este material está diseñado para restauraciones directas en todas las clases, incluyendo carillas estéticas y reconstrucciones del núcleo dental (7).

Propiedades y características:

- Composición: Contiene un alto porcentaje de circonio, lo que mejora su resistencia a la compresión.
- Aplicaciones: Adecuada para restauraciones estéticas y funcionales.
- Radiopacidad: Aumente la visibilidad durante los procedimientos clínicos.

- Durabilidad: Su formulación le otorga una excelente resistencia a la abrasión y al desgaste (37).

Indicaciones:

- Resina compuesta indicada para uso en restauraciones directas de todas las clases (I, II, III, IV y V)
- Correcciones estéticas
- Carillas directas en resina compuesta
- Unión de fragmentos de dientes
- Restauraciones indirectas (inlays y onlays)
- Confección de reconstrucciones con resina del núcleo
- Estabilización de dientes anteriores (37).

Fotopolimerización

El proceso de fotopolimerización y en particular los protocolos de curado desarrollados en los últimos años, han tenido un papel relevante en el área de los materiales dentales; pero su uso, es muy variado y de gran éxito en distintas áreas de la ciencia y de la industria (32,33).

La lámpara de polimerización por luz es utilizada para activar a los fotoiniciadores en los materiales dentales restauradores para iniciar la polimerización del material. Estos sistemas activados por luz, son actualmente los métodos de elección para polimerizar a las resinas compuestas cuando son colocadas directamente. La calidad, el éxito y la longevidad de la mayoría de los procedimientos de los materiales dentales actuales, dependen en mucho del buen uso y de un funcionamiento adecuado de las unidades de fotopolimerización. Para obtener resultados óptimos en la fotopolimerización de las resinas, es importante considerar siempre 3 factores y sobre todo adecuarlos al proceso clínico:

- Intensidad.
- Tiempo.
- Velocidad (33).

Además, también es importante considerar siempre, que existen otros factores que tienen impacto en el efecto por la luz, como (32):

- Características de absorción de luz del fotoiniciador.
- Emisión en longitud de onda de la fuente de luz.
- Intensidad de la Luz.
- Bioproductos del fotoiniciador.
- Eficiencia del iniciador.
- Concentración del iniciador.
- Tiempo de exposición.
- Dispersión de la luz.
- Grosor del objeto a polimerizar (32).

1.3. Definición de términos básicos

Resina compuesta nanohibrida. - Son materiales dentales que combinan partículas de diferentes tamaños, lo que les permite ofrecer propiedades mecánicas y estéticas superiores (14).

Resina nanohibrida convencional. – Es un material restaurador estético foto polimerizable para uso en restauraciones anteriores y posteriores. El relleno del restaurador es sílice (36).

Resina nanohibrida con circonio. - Es un material restaurador con partículas de circonio posee alto contenido inorgánico y está diseñada para restauraciones directas, incluidas carillas (37).

Contracción lineal por polimerización. - Densificación o pérdida de volumen de la resina (23).

Resistencia a la compresión. - La resistencia a la compresión es la habilidad de un material en soportar presiones antes de fracturarse (17).

Prensa de rotura. - Maquina de ensayos de compresión (22).

Micrómetro. - Un micrómetro es un instrumento de medición de alta precisión utilizado para medir dimensiones pequeñas (34).

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló un diseño experimental, ya que se evaluó y comparó la resistencia a la compresión y la contracción lineal de la resina nanohíbrida convencional frente a la resina nanohíbrida con circonio. Según Londoño JL (2020), los estudios experimentales son aquellos en los cuales es posible manipular la variable independiente, categoría a la cual pertenecen la mayoría de los ensayos de laboratorio (38).

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se desarrolló correspondió a una investigación cuasiexperimental, donde se evaluó la resistencia a la compresión y contracción entre la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio comparando el comportamiento de la resina nanohibrida tradicional versus la resina nanohibrida con circonio sin una relación causal.

Según Ñaupas H. (2018), las investigaciones cuasiexperimentales son aquellas que trabajan con grupos ya formados, no aleatorizados, por tanto, su validez interna es pequeña porque no hay control sobre las variables extrañas (39).

Según el enfoque será cuantitativo, se usa la recolección de datos con base en medición numérica además de usar un análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (39).

Según el número de ocasiones en que se mide, la variable será longitudinal, porque serán medidas en dos ocasiones, ya que para medir la contracción es necesario realizar una medida inicial y luego una segunda medida las 24 horas.

Para este caso se trabajará con un nivel comparativo, porque se seleccionarán muestras que serán sometidas a pruebas de resistencia a la compresión y contracción, comparando el comportamiento de la resina nanohibrida tradicional vs la resina nanohibrida con circonio sin una relación causal (39).

3.3. Población

La población objeto de estudio fue conformada por 2 tipo de resinas: Resina nanohibrida convencional (3M™ Filtek™ Z250 XT) versus la resina nanohibrida con circonio (Zirconfill de BM4). Al respecto, Hernández et al, menciona que una población se define como un grupo de elementos que comparten características similares, lo que facilita su clasificación y agrupación (38).

3.3. Muestra

La muestra utilizada en el estudio fue de 20 cilindros, 10 cilindros de cada tipo de resina que se utilizó en el estudio. Al respecto, Hernández et al. explica que una muestra es una pequeña parte o porción de la población en estudio, y los resultados obtenidos a partir de esta muestra se utilizan para realizar generalizaciones sobre la población en su conjunto (38).

3.4.1. Criterios de selección de muestra

Para la selección de la muestra en estudio, se tomó en cuenta los siguientes criterios en la selección, los cuales son:

Criterios de inclusión:

- Cilindros de resina que tenían las medidas adecuadas para realizar este trabajo (6 mm de circunferencia y 4 mm de altura).
- Cilindros de resina lisos y planos en la superficie sin ninguna imperfección en su estructura.
- Uso de lotes de resina vigentes el cual se verifico en el empaque del producto.

Criterios de exclusión:

- Cilindros de resina que se contaminen durante la preparación (saliva u otros fluidos)
- Cilindros de resina que tengan fracturas visibles antes de la prueba
- Cilindros de resina que tengan zonas translucidas o zonas opacas

3.4.2. Tipo de muestreo:

El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia, se tomó 10 cilindros de cada tipo de resina, por lo cual se tendrán 20 cilindros como muestra, para garantizar la validez estadística se tomaron en cuenta los criterios de selección de la muestra establecidos previamente.

35 Unidad de análisis

Muestras de resina compuestas nanohíbrida diseñadas para pruebas de resistencia a la compresión y contracción lineal.

3.5.1. Materiales evaluados:

Resina nanohíbrida convencional (Z250XT de 3M).

Resina nanohíbrida con circonio (Zirconfill de BM4).

3.5.2. Forma y tamaño:

Se elaboraron los cilindros que se usó en la investigación, con las dimensiones de 6 mm de circunferencia y 4 mm de altura, según lo establece la normatividad del ISO 4049, tanto para la prueba piloto, como para la investigación propiamente dicha.

3.5.3. Número de muestras:

Se realizaron 10 cilindros por cada tipo de resina por lo cual la muestra será 20 Cilindros, las que cumplían con los criterios de selección.

3.5.4. Condiciones de prueba:

Los cilindros elaborados para la investigación tuvieron las mismas condiciones de polimerización (intensidad de la luz).

36 Variables

3.6.1. Identificación de variables

Variables independientes:

- Resinas compuestas nanohíbridas convencional (Filtek Z250)
- Resinas compuestas nanohíbridas con circonio (Zirconfill)

Variables dependientes:

- Resistencia a la compresión
- Contracción lineal

3.6.2. Operacionalización de las variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Naturaleza | Escala | Instrumento | Expresión Final |
|--|---|---|---------------------|--|--------------|-----------|---|---|
| Variable Independiente: Resinas compuestas Nanohíbridas | Material restaurador compuesto de matriz orgánica e inorgánica, diseñado para resistir fuerzas masticatorias y mantener estética dental (14). | Esta variable se expresará como: Resina Z250 y Resina Zirconfill, utilizando como indicador el % de carga inorgánica con ayuda de la ficha técnica de cada fabricante | Composición química | Tipo de resina compuesta nanohíbrida utilizada | Cualitativa | Nominal | Ficha técnica del fabricante | La Variable se expresará en: a. Resina Z250 (sílice) b. Resina Zirconfill (circonio) |
| Variable Dependiente 1: Resistencia a la Compresión | Capacidad del material para soportar fuerzas compresivas sin fracturarse (17). | Esta variable se medirá de acuerdo al área que tiene cada muestra y la fuerza máxima que soporta cada resina | Fuerza | Carga máxima soportada (Nexton) | Cuantitativa | Intervalo | Prensa de Rotura | La Variable se expresará en: Los valores que se obtengan después de la prueba de compresión (MPa) calculados por fuerza máxima/área de la muestra. |
| | | | Área | Área del cilindro (cm ²) | | | | |
| Variable Dependiente 2: Contracción lineal | Capacidad del material para conservar su volumen tras la fotopolimerización (23). | Esta variable se medirá comparando el diámetro antes y después de la polimerización para calcular porcentaje de contracción. | Diametral | Porcentaje de contracción (%) | Cuantitativa | Continua | Micrómetro de alta precisión (0,001 mm) | Porcentaje de contracción derivado de la variación lineal. |

37. Hipótesis

3.7.1. Hipótesis general

La resina nanohibrida con circonio tendrá mayor resistencia a la compresión y menor contracción lineal que la resina nanohibrida convencional –Cusco, 2024.

3.6.3. Hipótesis específicas

1. La resina nanohibrida con circonio mostrará una resistencia a la compresión significativamente superior a la resina nanohibrida convencional – Cusco, 2024.
2. La resina nanohibrida con circonio presentará una contracción lineal significativamente menor que la resina nanohibrida convencional – Cusco, 2024.

3.7. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica

La técnica que se utilizó en la investigación será la observación, posterior a ello se procedió a anotar tanto la compresión y la contracción de cada muestra en una ficha de recolección de datos según Hernández (30), es una herramienta utilizada en la evaluación y el seguimiento de procesos, tareas o actividades, estas suelen tener una estructura que consta de una lista de ítems o criterios a evaluar, y junto a cada ítem, se dejan espacios para marcar o anotar si se cumple o no la cual es una herramienta utilizada en la educación y en la evaluación de desempeño para registrar y verificar la presencia o ausencia de determinados comportamientos.

3.7.2. Instrumentos

- El instrumento para medir la resistencia a la compresión fue: La PRENSA DE ROTURA TYA-2000B
- El instrumento para medir la resistencia a la contracción lineal fue: El Micrómetro de precisión de 0,001 mm.

3.7.3. Procedimientos

Elaboración de placa para la confección de las muestras:

Se utilizó una placa de MDF o trupan de 2 cm ancho x 15 cm de alto con un espesor de 4 mm., donde se realizó 5 perforaciones en línea recta exactamente en la mitad de la placa con un corte laser de 6 mm de diámetro, con la finalidad de que el orificio quede sin ninguna imperfección en las paredes de esta placa para poder fabricar los cilindros de resina.

Seguidamente se calibro la lampara de fotopolimerización, Woodpecker Led, para medir la intensidad de la luz de acuerdo a las indicaciones de cada resina compuesta nanohibrida.

Fabricación de muestras:

Se colocó la placa de MDF sobre una superficie de trabajo nivelada y limpia. A continuación, en el molde elaborado, se aplicó una delgada capa de vaselina en los orificios de la placa, con el fin de facilitar el desprendimiento posterior de las muestras sin alterar su forma.

Se inició el proceso de rellenado de los moldes, aplicando la resina compuesta en capas de 2 mm de espesor, tanto para la resina nanohibrida convencional y la resina nanohibrida con circonio. Cada capa fue fotopolimerizada utilizando una lámpara de luz iLED de la marca Woodpecker; la resina nanohibrida convencional fue fotopolimerizada en 20 segundos, mientras que la resina

nanohíbrida con circonio fue fotopolimerizada en 15 segundos, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Este procedimiento se repitió hasta completar el espesor total requerido para la muestra.

Una vez finalizado el proceso de fotopolimerización, se procedió a retirar cuidadosamente las muestras de las resinas en estudio. Seguidamente, se llevó a cabo el pulido de las muestras utilizando discos abrasivos, con el fin de eliminar imperfecciones superficiales y estandarizar las dimensiones.

Finalmente, se realizó la selección de los cilindros que cumplían con los criterios de selección establecidos, descartando aquellas que presentaban defectos de forma, burbujas de aire o variaciones dimensionales.

Prueba de contracción:

Para esta evaluación se elaboraron 20 cilindros de resina, divididos en dos grupos experimentales:

Grupo 1: 10 cilindros con resina nanohíbrida convencional, numeradas del 1 al 10.

Grupo 2: 10 cilindros con resina nanohíbrida de circonio, numeradas del 11 al 20.

Cada cilindro se conformó con dimensiones estandarizadas, siguiendo los criterios establecidos por la norma ISO 4049, que regula los métodos de prueba para materiales restauradores dentales a base de resina, se procedió a la fotopolimerización de los cilindros utilizando una lámpara LED, siguiendo el tiempo y la intensidad recomendados por el fabricante de cada resina. Inmediatamente después, se registró el **valor basal**, correspondiente a la dimensión del cilindro tras la contracción inmediata por polimerización.

A continuación, y conforme a lo estipulado por la norma ISO 4049, las muestras fueron colocadas en una máquina de ensayo con baño maría, que contenía agua destilada a una temperatura constante de $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, simulando las

condiciones del medio oral. Después de un período de 24 horas, las muestras fueron retiradas y se procedió a tomar **el valor final de la contracción**, que representa la dimensión definitiva posterior al curado y exposición térmica controlada.

Los dos valores obtenidos (basal y final) permitieron calcular el porcentaje de contracción por polimerización de cada cilindro en estudio, con el fin de comparar el comportamiento dimensional de ambas resinas bajo condiciones estandarizadas de laboratorio.

Prueba de compresión:

Se evaluó 20 cilindros o muestras cilíndricas, divididas en dos grupos:

Grupo 1: 10 cilindros elaboradas con resina nanohíbrida convencional, numeradas del 1 al 10.

Grupo 2: 10 cilindros elaboradas con resina nanohíbrida con partículas de circonio, numeradas del 11 al 20.

Cada muestra fue colocada en posición perpendicular al eje de compresión de la máquina de ensayo universal. Se aplicó una carga axial creciente con una velocidad constante de 0.5 mm/min hasta que se produzca la fractura completa de la muestra.

Una vez alcanzado el punto de fractura, se registró automáticamente el valor de la fuerza máxima soportada por cada muestra, expresado en Megapascales (MPa). Este procedimiento se repitió de forma estandarizada con las 20 muestras cilíndricas, permitiendo la obtención de datos comparativos sobre la resistencia a la compresión de ambos tipos de resina.

3.7.3.1. Etapa de procedimientos administrativos

Se llevaron a cabo los siguientes procedimientos administrativos:

1. Gestión y coordinación con el laboratorio privado:

Debido a la necesidad de equipos especializados, se coordinó el acceso al laboratorio Congeolab, laboratorio privado, mediante comunicación directa con el ingeniero propietario de la empresa. Se gestionó la disponibilidad de personal capacitado y de los equipos necesarios (prensa de rotura, baño de inmersión en baño maría) y se concretaron las fechas específicas para la realización de las pruebas experimentales, ajustándose al cronograma de actividades del laboratorio.

2. Adquisición de materiales e insumos:

Se realizó la compra y preparación de los materiales requeridos para el estudio, tales como las resinas nanohíbridas (Filtek Z250 y Zirconfill), confección de la placa de MDF, micrómetro de precisión, asegurando su disponibilidad antes del inicio de la fase experimental.

3. Planificación de actividades:

Se elaboró un cronograma detallado que incluyó la preparación de las muestras cilíndricas o cilindros, el almacenamiento de los cilindros, ensayos de contracción y compresión, así como el procesamiento de los datos, respetando los tiempos y espacios establecidos por el laboratorio privado.

4. Cumplimiento de normativas de seguridad:

Se garantizó el cumplimiento de las normativas de bioseguridad durante la manipulación de materiales y el uso de equipos del laboratorio privado.

3.7.3.2. Etapa de aplicación del instrumento

La etapa de aplicación del instrumento consistió en la ejecución de las pruebas físicas destinadas a medir la contracción por polimerización y la resistencia a la compresión de dos tipos de resinas compuestas nanohíbridas: una convencional y otra con circonio. Todos los valores obtenidos (medidas de contracción y resistencia a la compresión) fueron registrados en la ficha de recolección de datos, diferenciando cada grupo de resina para su posterior procesamiento estadístico.

3.8. Validez y confiabilidad del instrumento

La validez del instrumento se evaluó a través de tres expertos: 2 especialistas en rehabilitación oral y un especialista en odontología estética y restauradora, por medio de una hoja de validación (anexo 3).

La valoración individual de los tres expertos, dio como resultado las siguientes puntuaciones, con su respectiva valoración, a saber:

| EXPERTO | PUNTUACION PORCENTUAL | VALORACION |
|-------------------|-----------------------|------------|
| Experto 1 | 76% | Excelente |
| Experto 2 | 97.5% | Excelente |
| Experto 3 | 97.5% | Excelente |
| VALORACION GLOBAL | 90.33% | Excelente |

La puntuación porcentual global fue del 90.33 %, por tanto, la valoración global se categorizó como "Excelente"; por lo que esta ficha de investigación fue validada positivamente para aplicarse en la investigación.

3.9. Calibración de los equipos

Para asegurar la fiabilidad y precisión de los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación, se utilizó equipamiento calibrado y certificado.

1. Prensa de rotura:

La máquina utilizada para medir la resistencia a la compresión cuenta con su certificado de calibración vigente, el cual garantiza que cumple con los estándares de precisión establecidos por normas internacionales. La calibración incluye la verificación de la celda de carga, la velocidad de avance (0.5 mm/min) y la alineación de las muestras.

2. Micrómetro digital de precisión:

El micrómetro digital empleado para las mediciones de diámetro fue previamente calibrado utilizando bloques patrón de dimensiones conocidas. Se aseguró:

- La precisión de lectura al nivel de micrómetros.
- La correcta función de ajuste cero antes de cada serie de mediciones.
- La estabilidad en las lecturas bajo condiciones ambientales controladas.

3. Baño maría:

El equipo de baño maría utilizado para la inmersión de las muestras a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ está igualmente calibrado y certificado, asegurando la estabilidad térmica requerida por la norma ISO 4049.

Documentación:

Los certificados de calibración de todos los equipos empleados fueron proporcionados por el laboratorio Congeolab, y permanecen disponibles como respaldo documental del cumplimiento de los requisitos de calidad exigidos para el desarrollo de la investigación. (anexo 6)

3.10. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó a partir de la hoja de recolección de datos elaborada para la presente investigación, la cual fue vaciada en una hoja Excel versión "Office 16" Seguidamente se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente con los estadísticos y pruebas de significancia correspondientes.

3.11. Plan de análisis de datos

Después de tener los datos vaciados en una tabla de Excel, se procedió a realizar la prueba de Levene y luego la T de Student para muestras independientes para observar si existen diferencias significativas entre los dos momentos de evaluación para cada uno de los grupos experimentales.

3.12. Aspectos éticos

Transparencia en la metodología:

Se desarrolló un diseño cuasiexperimental en presente investigación, garantizándose la reproducibilidad y la integridad de los resultados, que incluyo el desarrollo de una prueba piloto.

Los resultados obtenidos se reportan, respetando la integridad de las mismas, sin ningún tipo de manipulación, respetando los principios de honestidad científica.

Uso de recursos:

Se evitó el desperdicio innecesario de materiales mediante una planificación eficiente del tamaño de la muestra y pruebas controladas.

Los equipos utilizados en la presente investigación, fueron operados por personal capacitado para minimizar errores y daños; así como que los equipos estuvieron calibrados y certificados.

3.13. Recursos

3.13.1. Recursos materiales:

Resinas compuestas:

- Zirconfill de BM4
- Z250XT de 3M

Equipos de prueba:

- Prensa de Rotura
- Micrómetro
- Ensayo de baño Maria

Herramientas auxiliares:

- Moldes para fabricar muestras estandarizadas (placas de vidrio)
- Lámpara de fotopolimerización
- Materiales desechables: Guantes, campos de trabajo
- Materiales de medición: Vernier
- Otros materiales: Vaselina

3.13.2. Recursos humanos:

- Investigador: responsable del diseño, ejecución y análisis.
- Personal técnico, encargado de manejar equipos especializados.
- Estadístico: para análisis de datos y validación de resultados.

3.13.3. Recursos financieros:

- Adquisición de materiales.
- Uso y alquiler de equipos de laboratorio.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Resultados del primer objetivo específico

Tabla 01. Esfuerzo de compresión de los cilindros de resina

| Resina | Esfuerzo de Compresión (MPa) | | Media | Desviación estandar |
|--------------------------|------------------------------|------------|------------|---------------------|
| | Valor Min. | Valor Max. | | |
| Z250 de 3M | 201.64 Mpa | 297.82 Mpa | 254.97 Mpa | 41.57 |
| Zirconfill de BM4 | 300.24 MPa | 356.19 Mpa | 327.53Mpa | 20.17 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla resume el esfuerzo de compresión de las resinas evaluadas, mostrando que Zirconfill presentó una mayor resistencia a la compresión (327.53 Mpa) frente a Filtek (254.97), además muestra su valor mínimo, máximo y desviación estándar.

Tabla 02. Resultados del test de Shapiro–Wilk y prueba t para la resistencia a la compresión de las resinas nanohíbridas evaluadas

| Resina | Shapiro- Wilk | t | p |
|--------------------------|---------------|------|--------|
| | p_{sw} | | |
| Z250 de 3M | 0.136 | 4.97 | <0.001 |
| Zirconfill de BM4 | 0.130 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que ambas resinas presentaron una distribución normal de datos según la prueba de Shapiro–Wilk ($p > 0.05$), lo que valida la aplicación de la prueba t para muestras independientes. El nivel de significancia ($p < 0.001$) evidencia que Zirconfill presentó una resistencia significativamente mayor en comparación con la resina nanohíbrida convencional Z250.

4.1.2. Resultado del segundo objetivo específico

Tabla 03. Contracción total de los cilindros de resina

| Resina | Contracción total (%) | | Media | Desviación estandar |
|--------------------------|-----------------------|------------|-------|---------------------|
| | Valor Min. | Valor Max. | | |
| Z250 de 3M | 0.070 | 0.130 | 0.10 | 0.03 |
| Zirconfill de BM4 | 0.078 | 0.118 | 0.098 | 0.02 |

Fuente: Elaboración Propia

La tabla resume la contracción total de las resinas evaluadas, mostrando que Zirconfill presentó una contracción media levemente menor (0.098 %) frente a Filtek Z250 (0.10 %), además muestra el valor mínimo, máximo y la desviación estándar.

Tabla 04. Resultados del test de Shapiro–Wilk y prueba t para la contracción de las resinas nanohíbridas evaluadas

| Resina | Shapiro- Wilk | t | p |
|--------------------------|---------------|-----|-------|
| | p_{sw} | | |
| Z250 de 3M | 0.87 | 0.4 | 0.694 |
| Zirconfill de BM4 | 0.64 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que ambas resinas presentaron una distribución normal de datos según la prueba de Shapiro–Wilk ($p > 0.05$), lo que valida la aplicación de la prueba t para muestras independientes. El nivel de significancia ($p = 0.694$) evidencia que entre la resina Zirconfill y la resina Z250 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

4.2 Resultados respecto al objetivo general

Tabla 05. Esfuerzo por compresión y contracción entre tipos de resina

| | Tipo de resina | | | | t | p |
|------------------------------|----------------|-------|-------------------|-------|------|--------|
| | Z250 de 3M | | Zirconfill de BM4 | | | |
| | Media | DE | Media | DE | | |
| Esfuerzo de compresion (MPa) | 254.97 | 41.57 | 327.52 | 20.17 | 4.97 | <0.001 |
| Contraccion | .10 | .03 | .10 | .02 | .40 | .69 |

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se ha encontrado que la resina Zirconfill de BM4 es superior a la resina Z250 de 3M en cuanto se refiere a la compresión; en tanto que, el estudio encontró que ambas resinas tienen similitud en cuanto se refiere a la contracción.

CAPITULO V

DISCUSION Y COMENTARIOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la resina nanohíbrida con circonio Zirconfill presentó una resistencia a la compresión significativamente mayor con un valor de 327.53 ± 20.17 Mpa. en comparación con la resina nanohíbrida convencional Filtek Z250 con un valor de 254.97 ± 41.57 MPa), con una diferencia estadísticamente significativa ($t = 4.965$; $p < 0.001$). Estos resultados coinciden con lo reportado por Leite de Caldas (2020), quien observó que la adición de circonio en la formulación de resinas compuestas como Zirconfill potencia significativamente propiedades mecánicas clave, como la resistencia a la compresión y la fuerza de unión al diente. En concordancia, nuestro estudio evidencia que Zirconfill mantiene una mayor resistencia compresiva bajo condiciones estandarizadas, lo cual valida la contribución estructural del circonio a la matriz de la resina (7).

De manera similar, Gaoying et al. (2020) reportaron que la incorporación de nanopartículas y micropartículas de circonio, en concentraciones de hasta el 20 %, incrementó significativamente la resistencia a la flexión de los composites evaluados. Este resultado sugiere que el circonio, actuando como nanorrelleno, refuerza la matriz orgánica de la resina, mejorando su comportamiento mecánico (8). En concordancia con este antecedente, el presente estudio evidenció que la resina Zirconfill, que incluye nanorelleno de circonio en su formulación, alcanzó una resistencia a la compresión de 327.53 ± 20.17 MPa, superando significativamente a la resina nanohíbrida convencional Z250 que obtuvo una resistencia a la compresión de 254.97 ± 41.57 MPa.

Gonzales (2024) reportó que la resina Filtek Z250 presentó una mayor resistencia a la compresión con un valor de 260.32 MPa en comparación con dos resinas nanohíbridas (Luna y Brilliant NG), con diferencias estadísticamente significativas, lo que posicionaba a Filtek Z250 como una opción mecánicamente más favorable frente a otras resinas de su tipo(9). No obstante, en el presente estudio, la resina nanohíbrida con circonio (Zirconfill) alcanzó una resistencia significativamente superior con un valor de 327.53 ± 20.17 Mpa. respecto a Z250 que obtuvo un valor de 254.97 ± 41.57 Mpa., con una diferencia estadísticamente significativa ($t=4.965$; $p < 0.001$). Este hallazgo no solo refuerza la ventaja mecánica de Zirconfill frente a la Z250, sino que también evidencia que la adición de nanorellenos de circonio puede superar incluso las ventajas previamente atribuidas a Z250 frente a otras resinas. En ese sentido, aunque Gonzales resalta la superioridad de Z250 en su contexto experimental, nuestros resultados sugieren que la introducción de partículas de circonio representa una mejora estructural significativa, al elevar la resistencia del material.

En el presente estudio, la resina nanohíbrida convencional Filtek Z250 alcanzó una resistencia a la compresión de 254.97 MPa, valor inferior al reportado por Padilla (2024), quien obtuvo 273 MPa bajo condiciones experimentales similares. Esta discrepancia podría atribuirse a la forma de las muestras ya que para el presente estudio se utilizó cilindros y Padilla utilizó barras de resinas(10). Además, Padilla observó que Z250 fue superada por una resina tipo bulk fill que alcanzó 287 MPa. Este hallazgo es concordante con los resultados del presente estudio, donde Z250 fue ampliamente superada por la resina nanohíbrida con circonio Zirconfill, con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$). Estos datos sugieren que la incorporación de circonio puede ofrecer un refuerzo

estructural más efectivo, representando una alternativa superior en términos de resistencia compresiva para restauraciones sometidas a cargas masticatorias.

Gámez (2020) demostró que la técnica con la que se trabaja la resina influye significativamente en la resistencia a la compresión de las resinas compuestas. En su estudio, la resina Filtek Z250 alcanzó una resistencia mayor cuando fue aplicada mediante la técnica monoincremental (254.9 MPa) en comparación con la técnica incremental (199.6 MPa), evidenciando la diferencia en las resistencias compresivas entre una técnica y otra (11). En contraste, en el presente estudio, la resina nanohíbrida convencional Z250 fue aplicada utilizando la técnica incremental en capas de 2 mm, obteniendo una resistencia promedio de 254.97 MPa. Por su parte, la resina Zirconfill, también aplicada con la técnica incremental, alcanzó una resistencia notablemente mayor (327.53 MPa). Esta diferencia podría deberse no solo a su composición enriquecida con partículas de circonio, sino también a una mayor compatibilidad de este material con la técnica incremental.

Jordán (2024) evaluó la resistencia a la compresión de la resina FILTEK Z250 utilizando tanto la técnica incremental como la monoincremental, hallando que con la técnica incremental se obtuvo un valor de 272.02 MPa, superior al registrado con la técnica monoincremental (199.38 MPa)(13). Estos resultados son comparables a los del presente estudio, donde Z250 también fue aplicada con técnica incremental, alcanzando una resistencia promedio de 254 MPa. La ligera diferencia puede atribuirse a variaciones en las condiciones experimentales o al tamaño muestral. En conjunto, ambos estudios coinciden en que Z250 muestra un comportamiento compresivo aceptable, aunque en el presente estudio fue superada significativamente por la resina Zirconfill, lo cual

sugiere una influencia favorable de la incorporación de circonio en su composición.

En el presente estudio, la resina nanohíbrida con circonio (Zirconfill) presentó una contracción media final de $0.098 \% \pm 0.02$, ligeramente inferior a la registrada por la resina nanohíbrida convencional Filtek Z250 que obtuvo una contracción final de $0.102 \% \pm 0.03$. Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.69 > 0.05$), podría indicar una mejor estabilidad dimensional en Zirconfill.

Sin embargo, un análisis más profundo revela limitaciones importantes en la literatura científica sobre la contracción de Zirconfill, lo cual dificulta una discusión extensa con estudios previos. Esta carencia representa no solo una limitación para la interpretación comparativa, sino también una oportunidad para futuras investigaciones que evalúen su comportamiento dimensional en condiciones clínicas simuladas.

Por otro lado, sí existen antecedentes relevantes sobre Filtek Z250. El estudio de Rezae et al. (2018) reportó que esta resina convencional presentó una contracción significativamente mayor que algunas resinas tipo bulk fill, como X-tra Fil ($1.87 \pm 0.07 \mu\text{m}$). Si bien los métodos de medición difieren (micrómetros vs. porcentaje), y no se evaluó directamente una resina con circonio, el hallazgo sugiere que las formulaciones más recientes, con cargas optimizadas, tienden a exhibir menor contracción. Este patrón es consistente con nuestros resultados, donde Zirconfill, gracias a su composición modificada con partículas de circonio, evidenció una contracción levemente menor que Z250.

En nuestro estudio se utilizó una técnica incremental con mediciones en 2 tiempos (inmediatamente después de fotopolimerizar y a las 24 horas), lo cual

permitió una evaluación precisa del comportamiento dimensional inmediato y poscurado. Las muestras fueron almacenadas a 37 °C, replicando condiciones intraorales, lo que aporta mayor validez clínica a los hallazgos. Este procedimiento es especialmente relevante a la luz de los resultados de Jongsma (2015), quien demostró que la contracción volumétrica de los composites, incluida Filtek Z250, aumenta con la temperatura, especialmente por encima de los 30 °C.

Finalmente, los valores obtenidos en este estudio para Filtek Z250 con una contracción final de 0.102 % son cercanos a los reportados por Gutiérrez (2017), quien encontró una contracción dimensional de entre 0.155 % tras 24 horas. Ambos estudios refuerzan la idea de que Z250 presenta una contracción progresiva post-polimerización, que tiende a estabilizarse tras el primer día.

En conjunto, los resultados sugieren que aunque ambas resinas presentan contracciones clínicamente comparables, Zirconfill podría ofrecer una leve ventaja en términos de estabilidad dimensional, atribuible posiblemente a su contenido de circonio, aunque se requieren más estudios que profundicen en esta propiedad para confirmar dicha tendencia.

CONCLUSIONES

Primera. - La resina compuesta nanohíbrida con circonio (Zirconfil) alcanzó un valor promedio de resistencia a la compresión de 327.52 ± 20.17 MPa, superando significativamente a la resina nanohíbrida convencional (Filtek Z250), que registró 254.97 ± 41.57 MPa. Esta diferencia indica que la adición de partículas de circonio actúa como refuerzo estructural, optimizando la respuesta mecánica del material frente a cargas masticatorias.

Segunda. - La resina nanohíbrida convencional (Filtek Z250) mostró una contracción lineal final promedio de $0.102 \% \pm 0.03 \%$, mientras que la resina nanohíbrida con circonio Zirconfill presentó un valor ligeramente menor de $0.098 \% \pm 0.02 \%$. Aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa, estos resultados sugieren una mayor estabilidad dimensional en la resina modificada con circonio.

Tercera. - Los resultados evidencian que la resina nanohíbrida con circonio (Zirconfill) no solo presenta una mayor resistencia a la compresión, sino también una contracción ligeramente inferior en comparación con la resina nanohíbrida convencional (Filtek Z250). Esta combinación de propiedades podría representar una ventaja clínica relevante, al disminuir el riesgo de microfiltraciones marginales en restauraciones dentales sometidas a cargas masticatorias.

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda a los estudiantes de odontología y a los cirujanos dentistas considerar la utilización de resinas compuestas nanohíbridas modificadas con circonio para restauraciones en sectores posteriores, ya que estas zonas reciben cargas masticatorias elevadas y este material ha demostrado una mayor resistencia a la compresión y menor contracción, favoreciendo así la longevidad clínica de las restauraciones.
- b) Se recomienda evaluar la contracción a largo plazo, bajo condiciones que simulen el ambiente oral, con el fin de verificar si ocurren cambios dimensionales adicionales con el tiempo.
- c) Se sugiere a los futuros investigadores continuar evaluando las propiedades mecánicas de resinas compuestas con incorporación de circonio u otros materiales innovadores, con el fin de ampliar la evidencia científica sobre su desempeño clínico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Hervás García Adela, Martínez Lozano Miguel Angel, Cabanes Vila Jose, Barjau Escribano Amaya, Fos Galve Pablo. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med. oral patol. oral cir.bucal (Internet) [Internet]. 2006 Abr [citado 2024 Octubre 29] ; 11(2): 215-220. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es.
2. Braga RR, Ferracane JL. Alternatives in polymerization contraction stress management. Dent Mater. 2020;36(1):e8–24. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/jaos/a/tDf9jYVc9Y3GcGLW3J39xdH/?format=pdf&lang=en>
3. Abbasi M, et al. Comparación de la contracción por polimerización de cinco resinas compuestas de relleno masivo con una resina compuesta convencional. J Dent (Tehran). 2018;15(6).Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6399456/>
4. Acurio P, Falcón G. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk Fill. Odontol Vital. 2017;(27):69–77. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000200069
5. Huang X, Chai Y. Regulación molecular de la diferenciación de odontoblastos durante el desarrollo dentario. Front Physiol. 2019;10:488.Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10561098/>

6. Goldberg M. Estructura, composición y mineralización de la dentina. *Front Biosci.* 2011;3(1):711–35. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3360947/>
7. Caldas L, et al. Evaluación in vitro de las propiedades mecánicas de compuestos [tesis de posgrado]. Natal (BR): Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Sistema SISBI; 2020.
8. Gaoying H, et al. Propiedades mecánicas de la resina nanohíbrida compuestos con fracciones de masa de partículas de circonio modificado [trabajo de investigación]. Nanjing (CN): Afiliated Hospital of Stomatology, Nanjing Medical University; 2020. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7733898/>
9. Rodríguez D. Evaluación de la resistencia a la compresión de la resina compuesta nanohíbrida con microrelleno de zirconio/sílice fotopolimerizadas con dos lámparas LED de alta intensidad [tesis de posgrado]. Santiago (CL): Universidad de las Américas; 2020.
10. Gonzales K. Resistencia a la compresión de 3 resinas utilizadas en el sector posterior: estudio in vitro [tesis de pregrado]. Lima (PE): Universidad Federico Villarreal, Facultad de Odontología; 2024.
11. Torres H. Resistencia a la compresión de cuatro resinas compuestas nanohíbridas [tesis de licenciatura]. Huancayo (PE): Universidad Roosevelt, Departamento de Estomatología; 2021.
12. Gámez E. Resistencia a la compresión de la resina nanohíbrida en comparación con la resina tipo bulk fill utilizando la técnica incremental y monoincremental. Estudio in vitro [tesis de pregrado]. Lima (PE): Universidad Privada Norbert Wiener, Departamento de Odontología; 2020.

13. Jordan A. Comparación de la resistencia a la compresión de resinas compuestas utilizando la técnica incremental y monoincremental [tesis de pregrado]. Cusco (PE): Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Medicina Humana, Escuela de Odontología; [2024].
14. Gutierrez LL. Análisis comparativo de la contracción in vitro entre la resina microhíbrida y de nanopartículas en el distrito de Surco en el año 2017 [tesis de pregrado]. Lima: Universidad Alas Peruanas, Departamento de Estomatología; 2017.
15. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29–38.
16. Opdam NJ, Collares K, Hickel R, Bayne SC, Loomans BA, Cenci MS, et al. Clinical studies on dental composites: learning from the past and looking to the future. *Dent Mater.* 2016;32(1):3–12
17. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behavior of dental composites. *Clin Oral Investig.* 2011;15(5):529–38.
18. Hervás García A, Martínez Lozano MA, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Resinas compuestas: revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2006;11(2):215–20. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16986946200600020023
19. Hervás A, Martínez M. Resinas compuestas: revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16986946200600020023

20. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. Propiedades mecánicas de la dentina humana: una revisión crítica y reconsideración de la literatura dental. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14(1).
21. Nalla RK, Kinney JH, Ritchie RO. Sobre la fractura de la dentina humana: ¿está controlada por el estrés o la deformación? J Biomech. 2003;36.
22. Prensa para rotura de cilindros de concreto digital – TYb – MARSHALL [Internet]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_t-bota/product_TBTCTM-2000KN-Lab-Digital-Display-Concrete-Cement-Brick-Static-Hydraulic-Metal-Non-metal-Compression-Testing-Machine-testing-equipment_eyorohngg.html
23. Langalia A, Buch A, Khamar M, Patel P. Contracción por polimerización de resinas compuestas: una revisión. J Med Dent Sci Res. 2015;2(10):23–7.
24. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Cinética de contracción por polimerización y tensión de contracción en composites de resina dental. Dent Mater. 2016;32(8):998–1006.
25. García D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Contracción de polimerización y profundidad de curado de resinas compuestas fluidas de relleno masivo. Oper Dent. 2014;39(4):441–8.
26. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky JJ Jr. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. Dent Mater. 2003;19(8):693–9.
27. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. J Dent. 2015;43(2):209–18.

28. Carrillo C, Monroy A. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Parte I. ADM [Internet]. 2009;LXV(4):13–9. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2009/od094b.pdf>
29. Braga R, Ballester R, Ferracane J. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater. 2005;21:962–70.
30. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA. Effect of ramped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. J Esthet Dent [Internet]. 2000;12(6):328–39. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1708-8240.2000.tb00242.x/full>
31. Rodríguez G, Pereira S. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. Acta Odontol Venez [Internet]. 2008. Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/art-26>
32. Rueggeberg F. State-of-the-art: Dental photocuring—a review. Dent Mater. 2011;27(1):39–52.
33. Orozco R, Álvarez C. Fotopolimerización de resinas compuestas a través de diversos espesores de tejido dental. Rev Odontol Mex [Internet]. 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2015000400222
34. Universidad Complutense de Madrid. Micrómetro [Internet]. [consultado el 1 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ucm.es/museo/micrometros>
35. Qué son los micrómetros: tipos, usos y técnicas de medición. Modern Machine Shop México [Internet]. Actualizado el 20 de diciembre de 2023.

Disponible en: <https://www.mms-mexico.com/columnas/que-son-los-micrometros-tipos-usos-y-tecnicas-de-medicion>

36. 3M. Hoja de datos técnicos – resina Z250 – Filtek Z250 [Internet]. [citado 2024 oct 1]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1507401O/dental-ficha-tecnica-filtek-z250.pdf>

37. Zirconfill – Resina de zirconia [Internet]. [citado 2024 oct 1]. Disponible en: <https://bm4.com.br/es/produto/zirconfill-3/>

38. Fernández JLL. Metodología de la investigación epidemiológica. 6ª ed. México: El Manual Moderno; 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=y16CEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%20libros%20de%20investigaci%C3%B3n%20epidemiol%C3%B3gica&ots=pbQcjsxvtxm&sig=mhL5BkJwnk3J703dgZxmAdG0sGE&redir_esc=y#v=onepage&q=libros%20de%20investigaci%C3%B3n%20epidemiol%C3%B3gica&f=false

39. Ñaupas PH, Valdivia DM, Palacios VJ, Romero DH. Metodología de la investigación. 5.ª ed.; 2018. Disponible en: http://biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf

40. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill Educación; 2018.

41. Christiani JJ, Acevedo ED, Rocha MT. Estabilidad del color de tres resinas nanohíbridas en relación al tipo de pulido realizado. Int J Odontostomat [Internet]. 2023;17(1):64–9. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X20230001000

42. Tipos de resina compuesta: la elección para distintos casos clínicos. Salud Dental Para Todos [Internet]. [consultado el 1 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.sdpt.net/OPERATORIADENTAL/tiposresinacompuesta.htm>
43. López, J. (2018). Resistencia compresiva de tres resinas compuestas indicadas para restauración posterior, in vitro, Lima. 2018. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2548>
44. García J. Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de las resinas compuestas Filtek P60® y Filtek™ Bulk Fill para restauración de piezas posteriores. Perú; 2017.
45. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. Quintessence Int. 1993;24(9):641–58. PMID: 8272502.
46. Uchupe A. Estudio in vitro de la resistencia a la compresión en resinas compuestas Bulk Fill, Tetric n-Ceram y Filtek. Cusco: Universidad Andina del Cusco; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2389/resumen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Castillo L. Estudio in vitro de la resistencia a la compresión de resinas compuestas Bulk Fill [Internet]. Loja: Universidad Nacional de Loja; [s.f.]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23188/1/TESIS%20LILIBETH%20CASTILLO.pdf>
48. Acurio P, Falcón G. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk Fill. Odontol Vital. 2017;(27):69–77.

Anexos

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Título: COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y CONTRACCION DE LA RESINA NANOHIRIDA CONVENCIONAL VERSUS LA RESINA NANOHIRIDA CON CIRCONIO- CUSCO, 2024

| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Variables | Metodología |
|--|---|--|--|---|
| ¿Existe diferencia de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio – Cusco 2024? | Comparar la resistencia a la compresión y contracción entre la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio -2024 | La resina con circonio tendrá mayor resistencia a la compresión y menor contracción lineal que la resina convencional | Variable independiente Resinas Compuestas Nanohibridas | Enfoque: cuantitativo Diseño: Experimental Corte: Longitudinal Tipo: Cuasiexperimental Población: |
| Específico | Específico | Específico | Variable dependientes | Resina compuesta nanohibrida (3M™ Filtek™ Z250) Resina compuesta nanohibrida con circonio (Zirconfill de BM4) Muestra: 20 Muestreo: No probabilístico intencional, por conveniencia Instrumento: Prensa de rotura Micrómetro Programa estadístico: SPSS |
| ¿Se evidencia diferencia en resistencia a la compresión de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio-Cusco 2024? ¿Se observa diferencia en la contracción lineal de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio-Cusco 2024? | Evaluar la resistencia a la compresión de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio-Cusco 2024. Medir la contracción lineal de la resina nanohibrida convencional en comparación con la resina nanohibrida con circonio-Cusco 2024. | La resina con circonio mostrará una resistencia a la compresión significativamente superior a la convencional. La resina con circonio presentará una contracción lineal significativamente menor que la convencional. | Resistencia a la compresión Contracción lineal | |



Ficha de recolección de datos: Comparación de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohibrida convencional versus la resina nanohibrida con circonio-2024”

Ficha de recolección de datos para la contracción

LEYENDA:

Muestra: Las muestras estarán identificadas con la letra "C", que representará cilindros, seguida de números en orden correlativo hasta alcanzar el total de muestras.

Diámetro: Se medirá utilizando el vernier digital.

Diámetro inicial: Medida inicial antes de polimerizar

Diámetro basal: Se medirá inmediatamente después de retirar el cilindro del molde en el que fue confeccionado, justo al término de la última fotopolimerización.

Diámetro final: Se medirá 24 horas después de realizar la primera medición.

Longitud: Corresponde al tamaño del cilindro y será determinado con el vernier digital

Longitud inicial: Medida inicial antes de polimerizar

Longitud basal: Se medirá inmediatamente después de retirar el cilindro del molde en el que fue confeccionado, justo al término de la última fotopolimerización.

Longitud final: Se medirá 24 horas después de realizar la primera medición.

| Resina | Muestra | Diámetro (mm) | | | Longitud axial(mm) | | |
|---------------|---------|---------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | D. | Basal | Final | L. | Basal | Final |
| Z250 De 3M | C1 | | | | | | |
| | C2 | | | | | | |
| | C3 | | | | | | |
| | C4 | | | | | | |
| | C5 | | | | | | |
| | C6 | | | | | | |
| | C7 | | | | | | |
| | C8 | | | | | | |
| | C9 | | | | | | |
| | C10 | | | | | | |

| Resina | Muestra | Diámetro (mm) | | | Longitud axial(mm) | | |
|----------------------|---------|---------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | D. | Basal | Final | L. | Basal | Final |
| Zirconfill de BM4 | C11 | | | | | | |
| | C12 | | | | | | |
| | C13 | | | | | | |
| | C14 | | | | | | |
| | C15 | | | | | | |
| | C16 | | | | | | |
| | C17 | | | | | | |
| | C18 | | | | | | |
| | C19 | | | | | | |
| | C20 | | | | | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



Ficha de recolección de datos para la compresión

LEYENDA:

Muestra: Las muestras estarán identificadas con la letra "C", que representará cilindros, seguida de números en orden correlativo hasta alcanzar el total de muestras.

Diámetro: Se medirá utilizando el vernier digital.

Longitud: Corresponde al tamaño del cilindro y será determinado con el vernier digital.

Área: El área de cada cilindro se calculará empleando el diámetro y la longitud.

Fuerza máxima: Es el valor registrado por la prensa de rotura tras realizar la prueba de compresión.

Esfuerzo de compresión: Se determinará dividiendo la fuerza máxima entre el área.

| Resina | Muestra | Diámetro(mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima(N) | Esfuerzo de Compresión (MPa) |
|----------------------|---------|--------------|---------------|-------------------------|------------------|------------------------------|
| Z250 De 3M | C1 | | | | | |
| | C2 | | | | | |
| | C3 | | | | | |
| | C4 | | | | | |
| | C5 | | | | | |
| | C6 | | | | | |
| | C7 | | | | | |
| | C8 | | | | | |
| | C9 | | | | | |
| | C10 | | | | | |
| Zirconfill de BM4 | C11 | | | | | |
| | C12 | | | | | |
| | C13 | | | | | |
| | C14 | | | | | |
| | C15 | | | | | |
| | C16 | | | | | |
| | C17 | | | | | |
| | C18 | | | | | |
| | C19 | | | | | |
| | C20 | | | | | |

ANEXO 3: RESULTADOS DE LA PRUEBA FINAL



CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

| Resina | Muestra | Diámetro(mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima(kg) | Fuerza máxima(N) | Esfuerzo de Compresión (MPa) |
|--------------------------|---------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| Z250 de 3M | C1 | 6.2 | 4.26 | 30.19 | 620.77 | 6087.67 | 201.64 |
| | C2 | 6.15 | 4.03 | 29.71 | 680.12 | 6669.70 | 224.53 |
| | C3 | 6.23 | 4.17 | 30.48 | 852.55 | 8360.66 | 274.27 |
| | C4 | 6.17 | 4.17 | 29.90 | 899.07 | 8816.86 | 294.89 |
| | C5 | 6.06 | 4.12 | 28.84 | 905.85 | 8883.35 | 307.99 |
| | C6 | 6.14 | 4.21 | 29.61 | 610.47 | 5986.67 | 202.19 |
| | C7 | 6.13 | 4.3 | 29.51 | 632.85 | 6206.14 | 210.29 |
| | C8 | 6.22 | 4.25 | 30.39 | 815.55 | 7997.81 | 263.21 |
| | C9 | 6.22 | 4.11 | 30.39 | 845.34 | 8289.95 | 272.82 |
| | C10 | 6.23 | 4.3 | 30.48 | 925.88 | 9079.78 | 297.86 |
| Zirconfill de BM4 | C11 | 6.16 | 4.11 | 29.80 | 970.47 | 9517.06 | 319.34 |
| | C12 | 6.17 | 4.14 | 29.90 | 1085.98 | 10649.83 | 356.19 |
| | C13 | 6.04 | 4.03 | 28.65 | 909.32 | 8917.38 | 311.22 |
| | C14 | 6.17 | 4.13 | 29.90 | 1008.93 | 9894.22 | 330.92 |
| | C15 | 6.12 | 4.26 | 29.42 | 956.32 | 9378.30 | 318.81 |
| | C16 | 6.17 | 4.15 | 29.90 | 1080.44 | 10595.50 | 354.37 |
| | C17 | 6.17 | 4.04 | 29.90 | 948.41 | 9300.72 | 311.07 |
| | C18 | 6.18 | 4.09 | 30.00 | 979.99 | 9610.42 | 320.39 |
| | C19 | 6.15 | 4.2 | 29.71 | 909.46 | 8918.74 | 300.24 |
| | C20 | 6.21 | 4.02 | 30.29 | 1089.32 | 10682.58 | 352.70 |



CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

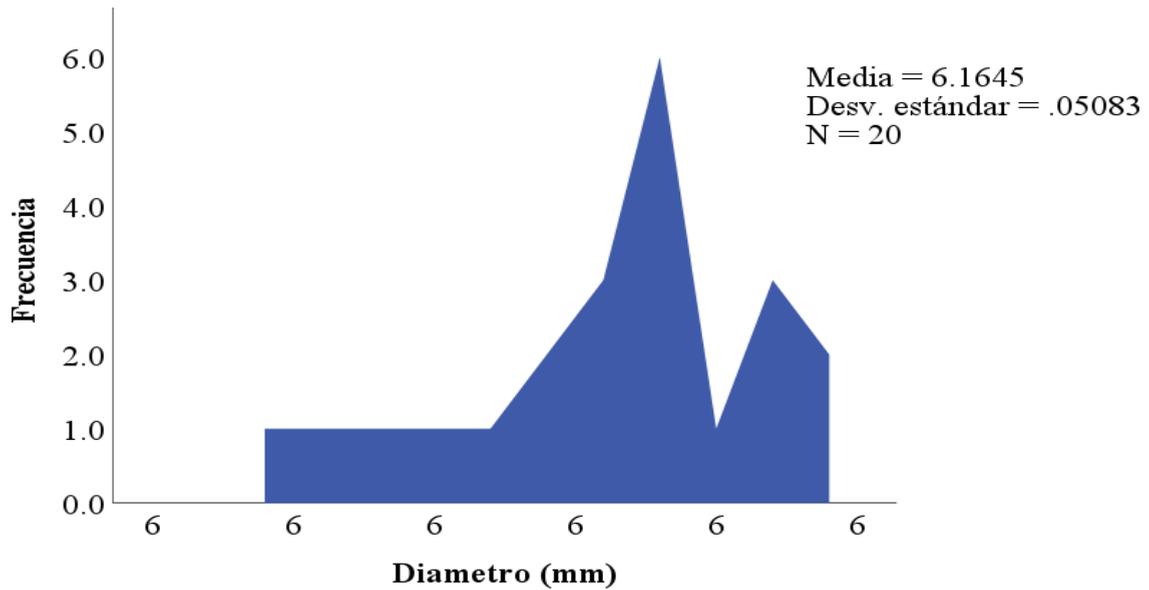
Cel: 921-126-988, 921-992-803

| Resina | Muestra | Diámetro(mm) | | Longitud axial(mm) | |
|-----------------------|---------|--------------|-------|--------------------|-------|
| | | Basal | Final | Basal | Final |
| Z250 De 3M | C1 | 6.43 | 6.14 | 4.3 | 4.24 |
| | C2 | 6.02 | 5.98 | 4.32 | 4.27 |
| | C3 | 6.26 | 6.19 | 4.37 | 4.29 |
| | C4 | 6.25 | 6.19 | 4.15 | 4.11 |
| | C5 | 6.22 | 6.11 | 4.22 | 4.14 |
| | C6 | 6.14 | 6.1 | 4.32 | 4.28 |
| | C7 | 6.13 | 6.06 | 4.38 | 4.31 |
| | C8 | 6.25 | 6.17 | 4.4 | 4.36 |
| | C9 | 6.4 | 6.22 | 4.44 | 4.3 |
| | C10 | 6.38 | 6.26 | 4.45 | 4.34 |

| Resina | Muestra | Diámetro(mm) | | Longitud axial(mm) | |
|------------------------------|---------|--------------|-------|--------------------|-------|
| | | Basal | Final | Basal | Final |
| Zirconfill de BM4 | C11 | 6.05 | 6.03 | 4.12 | 4.1 |
| | C12 | 6.26 | 6.25 | 4.04 | 4.02 |
| | C13 | 6.11 | 6.09 | 4.05 | 4.04 |
| | C14 | 6.25 | 6.22 | 4.16 | 4.13 |
| | C15 | 6.21 | 6.19 | 4.21 | 4.2 |
| | C16 | 6.1 | 6.09 | 4.28 | 4.26 |
| | C17 | 6.21 | 6.19 | 4.24 | 4.22 |
| | C18 | 6.26 | 6.24 | 4.29 | 4.28 |
| | C19 | 6.1 | 6.08 | 4.22 | 4.21 |
| | C20 | 6.14 | 6.12 | 4.1 | 4.09 |

ANEXO 5: GRAFICOS DE LOS RESULTADOS

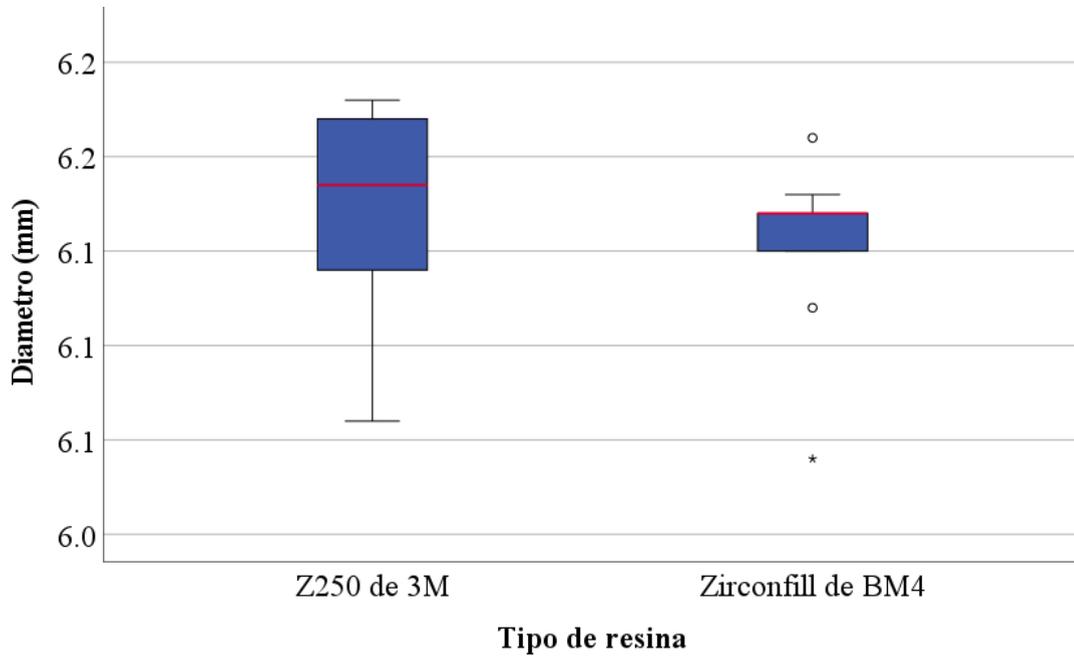
Gráfico 01. Diámetro de los cilindros del primer grupo



SS = 0.000000. 999999990000000099999999, p = 0.000000. 00000000000000

Se observa que la distribución del diámetro de los discos tiene una media de 6.16 mm y desviación estándar de 0.05 mm que se ajusta a distribución normal (Shapiro $W = 0.908$, $p > 0.05$).

Gráfico 02. Diámetro de los cilindros del primer grupo según tipo de resina



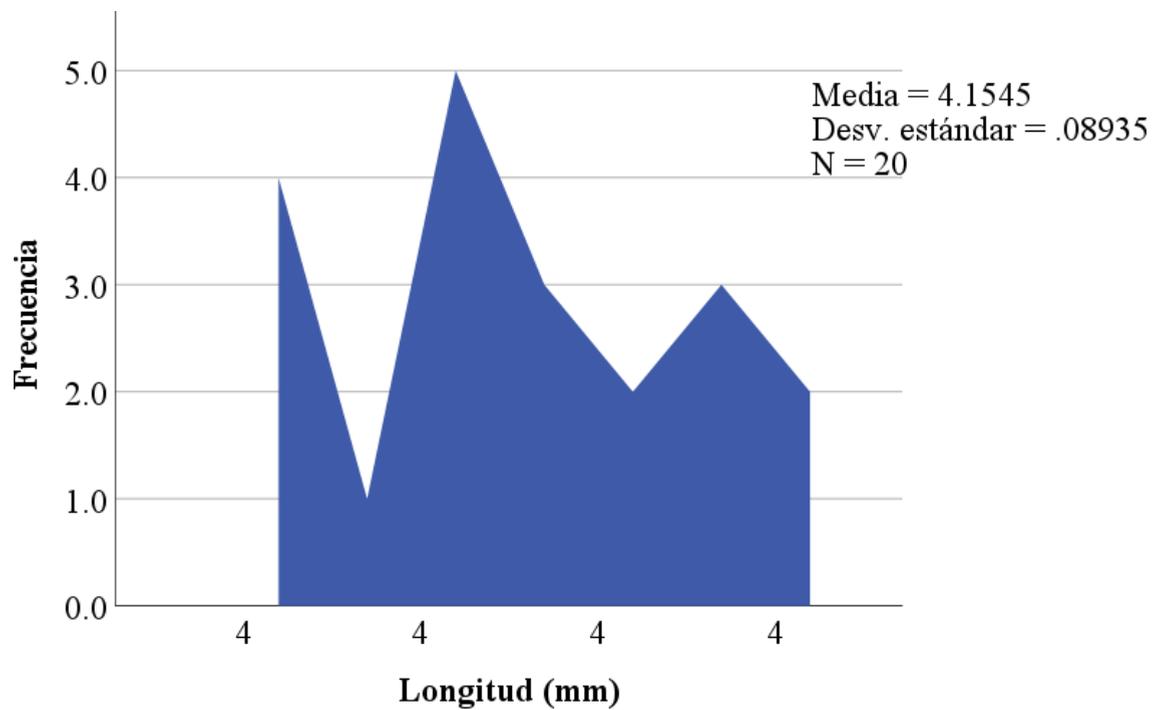
ZZZZZ00000000: Q1 = 00000000. 111, QZZ = 00000000. 199999999, QQQ = 00000000. ZZZ; pSSS = 00000000. 1000000000000000

Zirconfill: Q1 = 00000000. 111, QZZ = 00000000. 111, QQQ = 00000000. 111; pSSS = 00000000. 000000001ZZ

Se observa que el diámetro de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una mediana de 6.19 con un rango intercuartílico de 0.08 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una mediana de 6.17 con un rango intercuartílico de 0.03 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

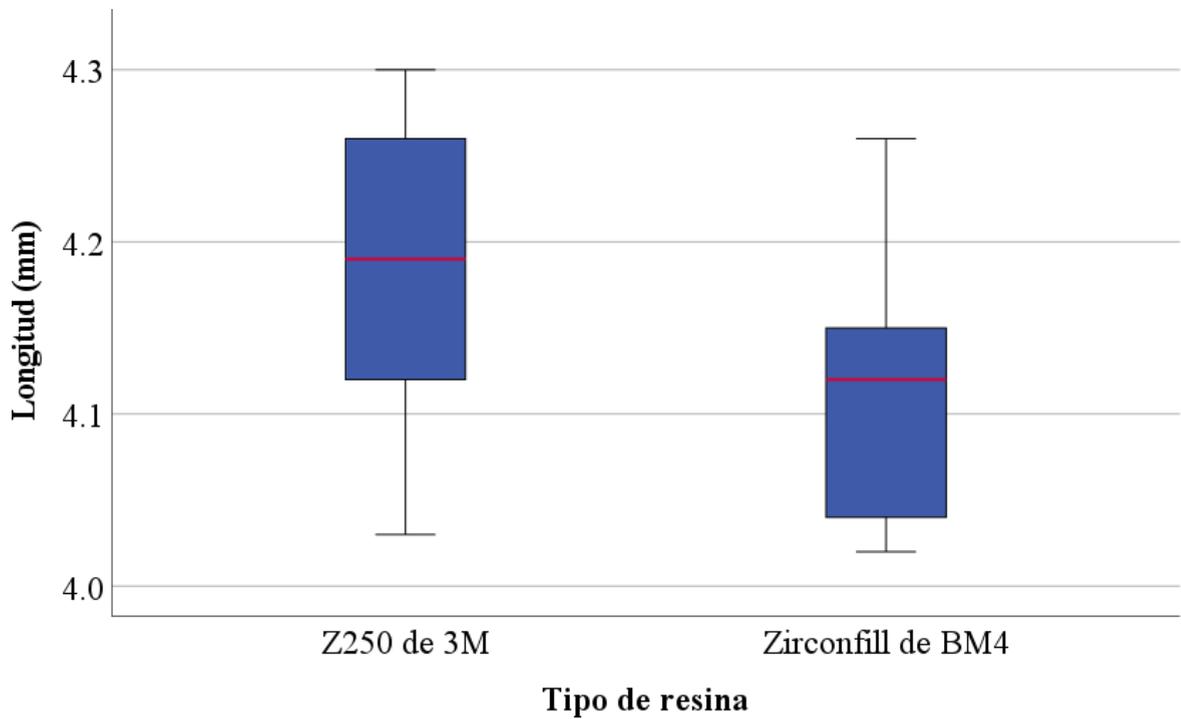
Gráfico 03. Longitud de los cilindros del primer grupo



SSS = 0000000.99999999110000000, p = 0000000.00111

Se observa que la distribución de la longitud de los discos tiene una media de 4.15 mm y desviación estándar de 0.09 mm que se ajusta a distribución normal ($p > 0.05$).

Gráfico 04. Longitud de cilindros del primer grupo según tipo de resina



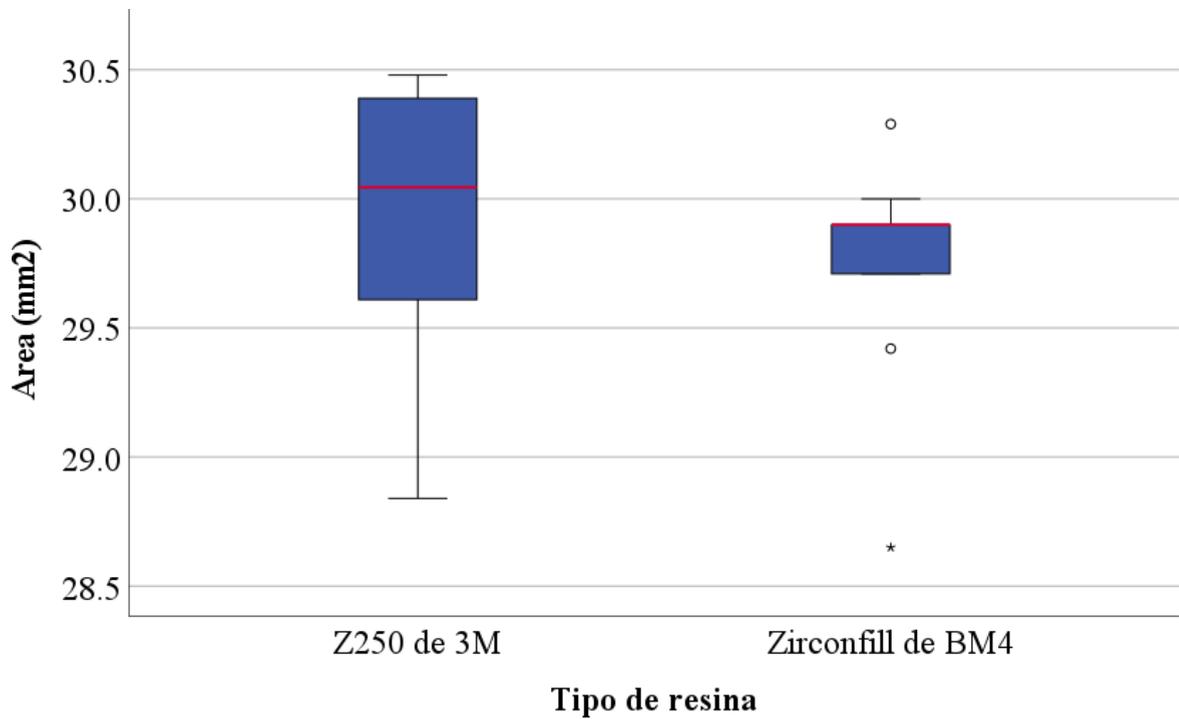
ZZZZZ00000000: xx = 11. 199999999, σ = 00000000. 0000000099999999; p_{SSS} = 00000000. 00000000QZZ

Zirconfill: xx= 11. 1ZZ, σ = 00000000. 0000000099999999; p_{SSS} = 00000000. 000000009999999911

Se observa que la longitud de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una media de 4.19 con una desviación estándar de 0.09 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una media de 4.12 con una desviación estándar de 0.08 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

Gráfico 06. Área de los cilindros del primer grupo según tipo de resina



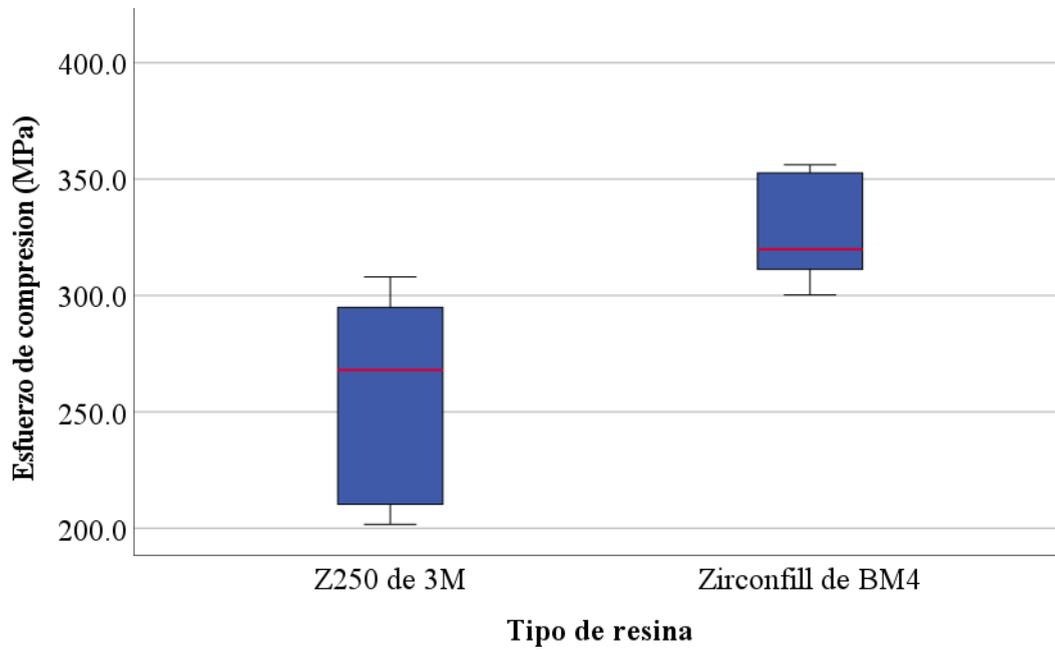
Z250: $Q1 = 29.6$; $Q3 = 30.4$; $Mediana = 30.05$; $p > 0.05$

Zirconfill: $Q1 = 29.7$; $Q3 = 29.9$; $Mediana = 29.9$; $p < 0.05$

Se observa que el área de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una mediana de 30.05 con un rango intercuartílico de 0.82 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una mediana de 29.9 con un rango intercuartílico de 0.29 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

Gráfico 07. Esfuerzo por compresión de los cilindros del primer grupo según tipo de resina

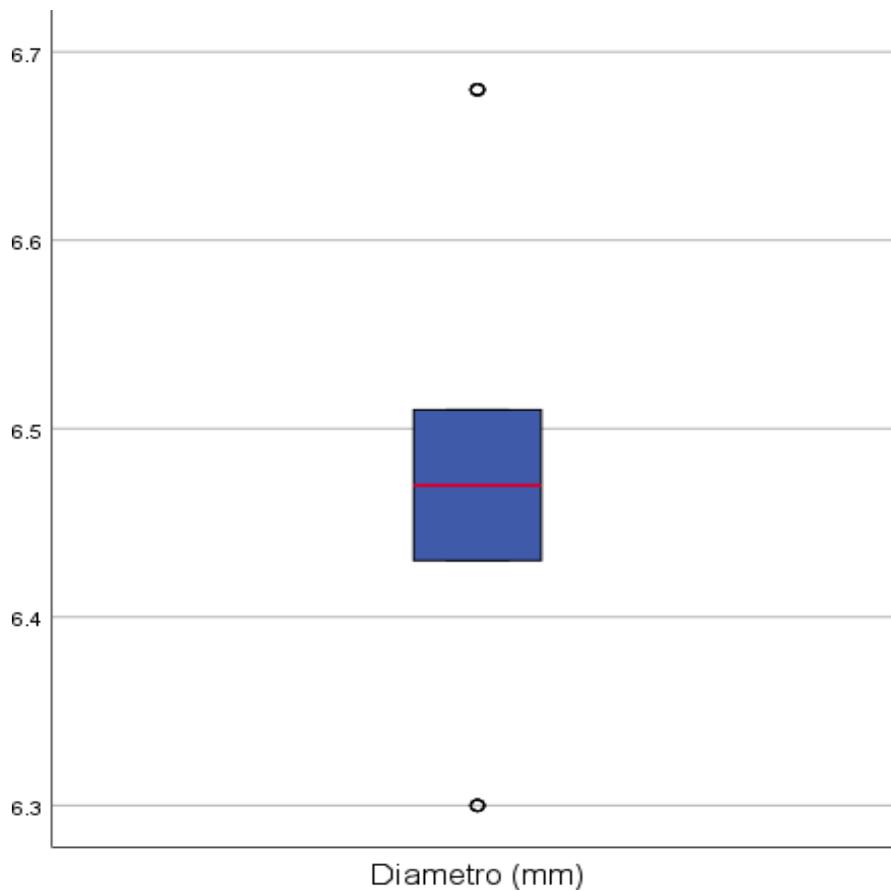


Z250 de 3M: xx = ZZZZ11.9999999911, σ = 111.ZZ11; p_{SSS} = 00000000.1QQ000000000

Zirconfill: xx = QQZZ11.ZZQQ, σ = ZZ00000000.111; p_{SSS} = 00000000.1QQ000000000

t = 11.9999999900000000ZZ; p < 00000000.0000000000000001

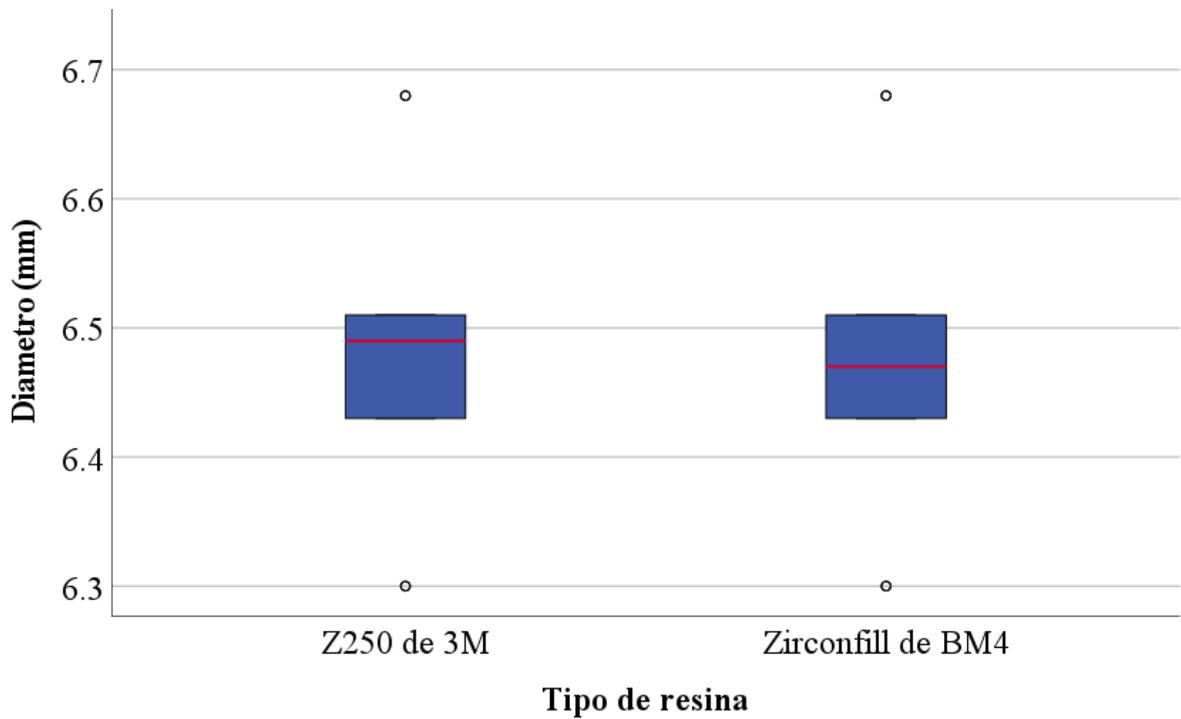
Gráfico 08. Diámetro de los cilindros del segundo grupo



$Q1 = 00000000.11111, Q2 = 00000000.11111, Q3 = 00000000.22222, p_{SSS} = 00000000.000000001111$

Se observa que la distribución de diámetro se caracteriza por una mediana de 6.47 y un rango intercuartílico de 0.08 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

Gráfico 9. Diámetro de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina



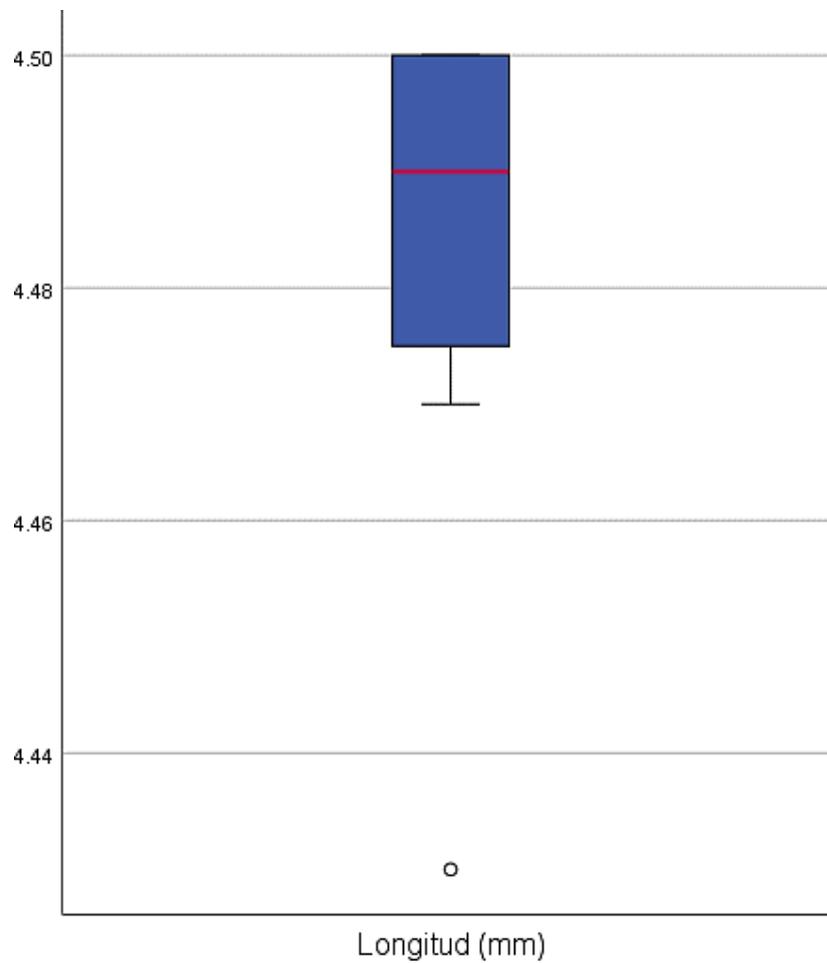
ZZZZZ0000000: xx = 0000000. 11999999990000000, σ = 0000000. 1ZZ99999999, psss = 0000000. ZZ0000000ZZ

Zirconfill: xx = 00000000. 1111999999999, σ = 00000000. 1QQ00000000; psss = 00000000. ZZQQ1

Se observa que el diámetro de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una media de 6.49 con una desviación estándar de 0.129 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una media de 6.48 con una desviación estándar de 0.130 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

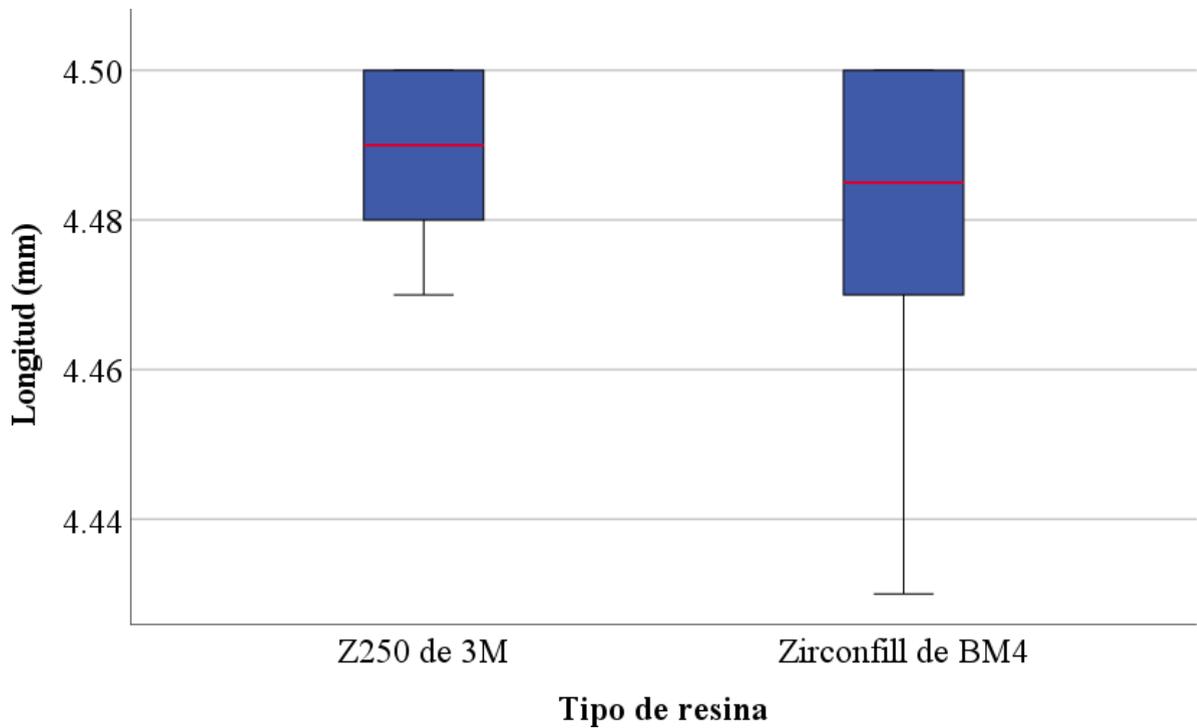
Gráfico 10. Longitud de los cilindros del segundo grupo



$Q1 = 11.1111QQ$, $QZ = 11.119999999900000000$, $QQQ = 11.220000000000000000$; $p_{SS} < 0000000.0000000000000001$

Se observa que la distribución de diámetro se caracteriza por una mediana de 4.49 y un rango intercuartílico de 0.03 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

Gráfico 11. Longitud de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina



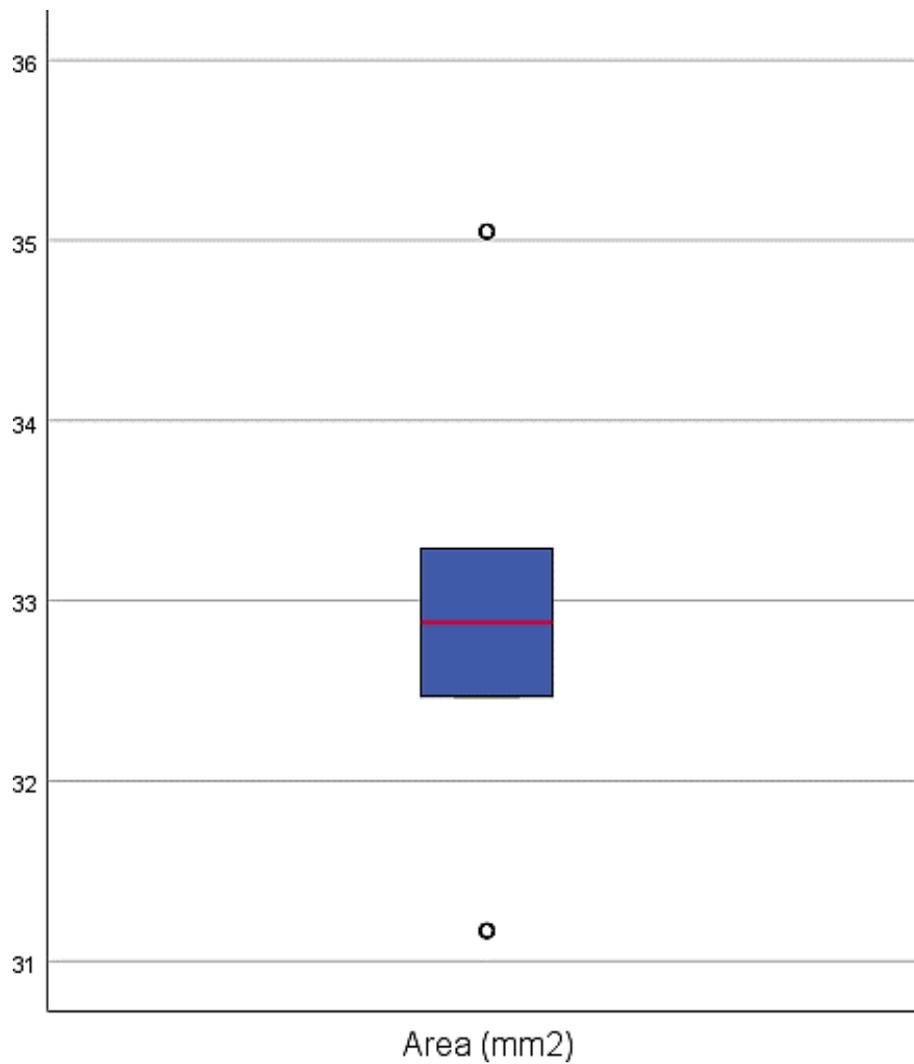
ZZZZZ000000000: Q1 = 11. 111199999999, QZZ = 11. 119999999900000000, QQQ = 11. ZZ0000000000000000; pSSS = 00000000. 000000001100000000

Zirconfill: Q1 = 11. 111100000000, QZZ = 11. 1199999999ZZ, QQQ = 11. ZZ0000000000000000; pSSS = 00000000. 00000000ZZ99999999

Se observa que la longitud de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una mediana de 4.49 con un rango intercuartílico de 0.02 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una mediana de 4.49 con un rango intercuartílico de 0.03 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

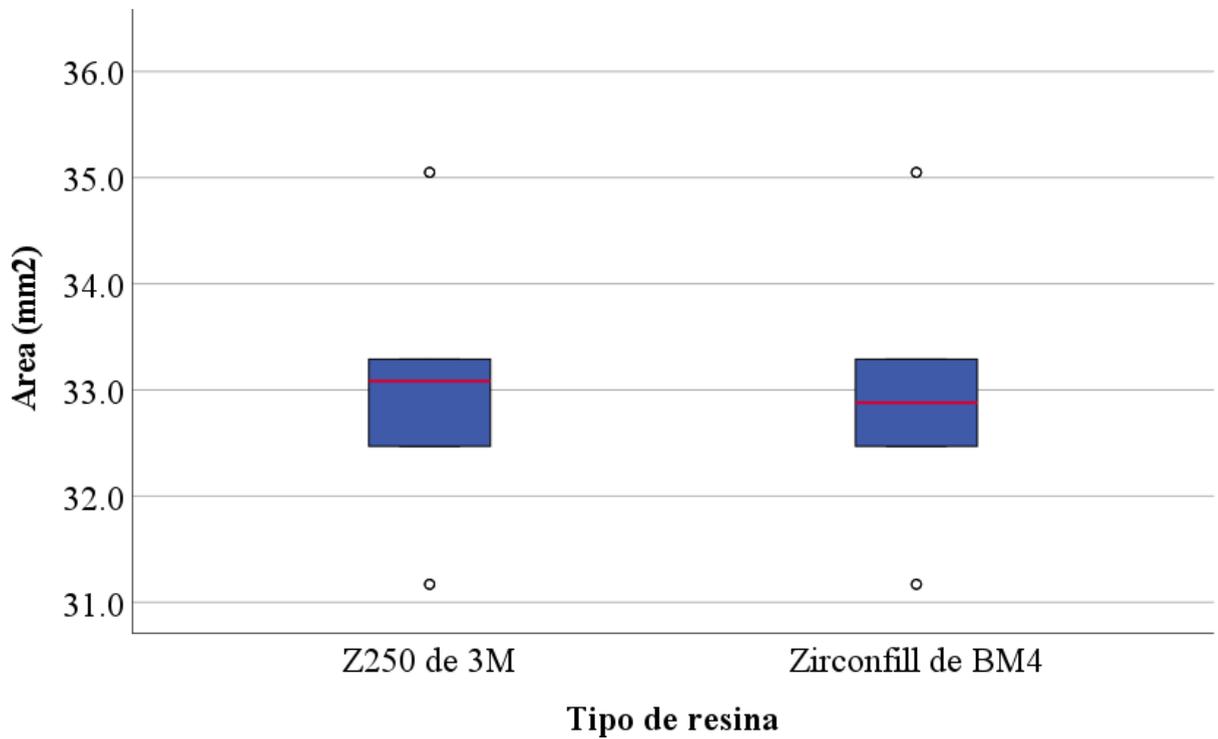
Gráfico 12. Área de los cilindros del segundo grupo



$Q1 = QQZ. 1111, QZ = QQZ. 9999999999999999, QQ = QQQ. ZZ99999999; p_{SS} = 0000000. 0000000111$

Se observa que la distribución de área se caracteriza por una mediana de 32.88 y un rango intercuartílico de 0.82 sin presentar una distribución normal ($p < 0.05$).

Gráfico 13. Área de los cilindros del primer grupo según tipo de resina



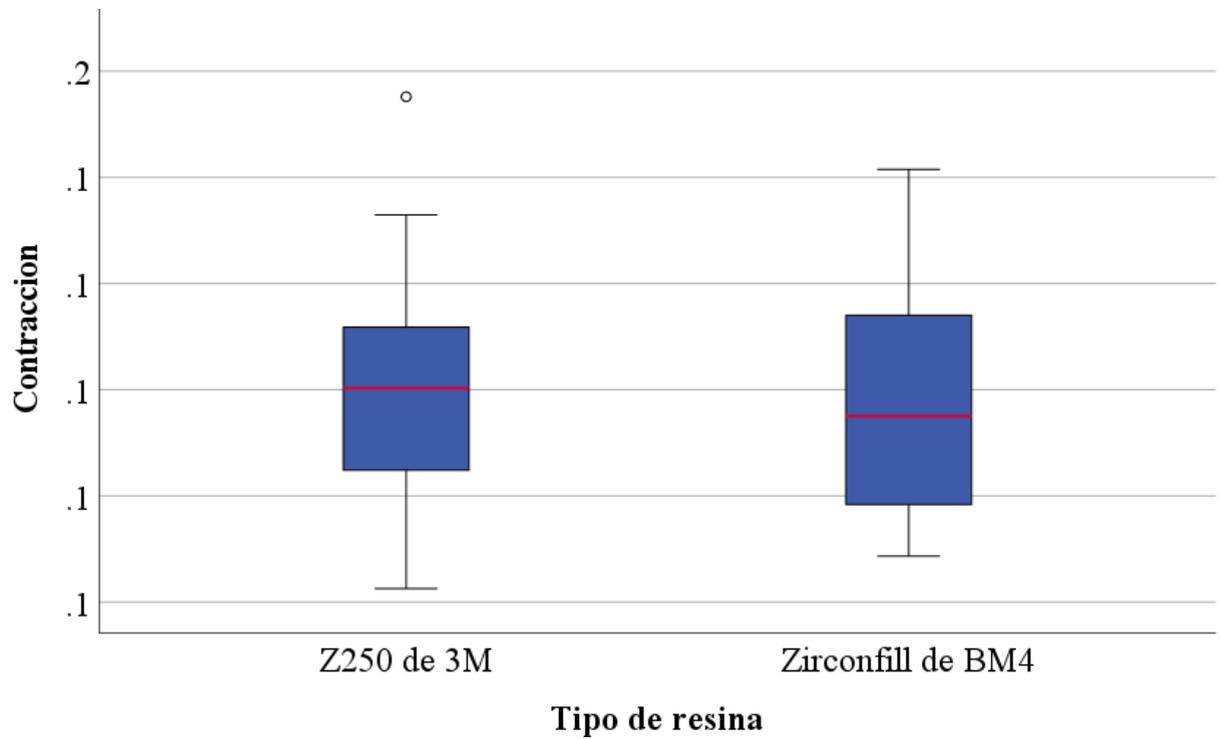
ZZZZ00000000: xx = QQQ. 0000000Z, $\sigma = 1. QQ199999999$; $p_{SS} = 0000000$. ZZ00000000QQ

Zirconfill: xx = QQZZ. 9999999911, $\sigma = 1. QQZZ11$; $p_{SS} = 00000000$. ZZZZQQ

Se observa que el área de los discos según tipo de resina presenta en caso del material Z25 de 3M una media de 33.05 con una desviación estándar de 1.318 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

En comparación, el material Zirconfill de BM4 presenta una media de 32.97 con una desviación estándar de 1.327 presentando una distribución normal ($p > 0.05$).

Gráfico 14. Contracción de los cilindros del segundo grupo según tipo de resina



ZZZZZ00000000: xx = 00000000.10000000ZZ, σ = 00000000.00000000ZZ00000000; pss = 00000000.999999991199999999

Zirconfil: xx = 00000000.000000009999999999999999, σ = 00000000.00000000ZZQQ; pss = 00000000.000000001111

t = 00000000.11; p = 00000000.000000009999999911

ANEXO 6: VALIDACION DE INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES:

TÍTULO: "Comparación de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional versus la resina nanohíbrida con circonio-2024"

NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACION: Ficha de recolección de datos de compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional y de la resina nanohíbrida con circonio

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO:

Por favor, identifique el criterio correspondiente y marque con una "X" la casilla que considere adecuada, tomando en cuenta la escalada de Rickett. Asimismo, puede incluir sugerencias adicionales.

| CRITERIOS | APRECIACIÓN | | | | SUGERENCIAS |
|--|-------------|---------|-------|-----------|-------------|
| | DEFICIENTE | REGULAR | BUENO | EXCELENTE | |
| 1. ¿El instrumento responde al plantamiento del problema? | | | X | | |
| 2. ¿El instrumento responde a los objetivos de la investigación? | | | X | | |
| 3. El instrumento responde a la operacionalización de variables | | | X | | |
| 4. Los ítems responden a la hipótesis de estudio | | | X | | |
| 5. La estructura que presenta el instrumento es secuencial | | | X | | |
| 6. Los ítems están redactados en forma clara y precisa | | | X | | |
| 7. El número de ítems es adecuado | | | X | | |
| 8. Los ítems del instrumento son válidos | | | X | | |
| 9. ¿Se debe de incrementar el número de ítems? | | | X | | |
| 10. Se debe eliminar algún ítem | | | X | | |

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Para realizar el promedio se tendrá en cuenta los siguientes valores

| VALORACIÓN | PORCENTAJE |
|------------|---------------|
| Deficiente | 0 - 25% |
| Regular | 26-50% |
| Bueno | 51 - 75% |
| Excelente | 76 -100% X |

Promedio de valoración total del instrumento: 75%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe Corregirse

DATOS DEL EXPERTO:

| | | |
|--------------------|----------------------------------|---|
| Nombre y Apellidos | Humberto Manuel Asencio Vejarano | |
| Especialidad | | |
| Lugar y fecha: | 2 Mayo 2025 | Firma: |
| | | Humberto Manuel Asencio Vejarano CIRUJANO DENTISTA C.O.P. N° 10115 ESPECIALISTA EN REHABILITACION ORAL R.N.E. N° 1432 |



APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES:

TÍTULO: "Comparación de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional versus la resina nanohíbrida con circonio 2024"

NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: Ficha de recolección de datos de compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional y de la resina nanohíbrida con circonio

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO:

Por favor, identifique el criterio correspondiente y marque con una "X" la casilla que considere adecuada, tomando en cuenta la escalada de Ricket. Asimismo, puede incluir sugerencias adicionales.

| CRITERIOS | APRECIACIÓN | | | | SUGERENCIAS |
|--|-------------|---------|-------|-----------|-------------|
| | DEFICIENTE | REGULAR | BUENO | EXCELENTE | |
| 1. ¿El instrumento responde al planteamiento del problema? | | | | X | |
| 2. ¿El instrumento responde a los objetivos de la investigación? | | | | X | |
| 3. El instrumento responde a la operacionalización de variables | | | | X | |
| 4. Los ítems responden a la hipótesis de estudio | | | X | | |
| 5. La estructura que presenta el instrumento es secuencial | | | | X | |
| 6. Los ítems están redactados en forma clara y precisa | | | | X | |
| 7. El número de ítems es adecuado | | | X | | |
| 8. Los ítems del instrumento son válidos | | | | X | |
| 9. ¿Se debe de incrementar el número de ítems? | | | | | NO |
| 10. Se debe eliminar algún ítem | | | | | NO |

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Para realizar el promedio se tendrá en cuenta los siguientes valores

| VALORACIÓN | PORCENTAJE |
|------------|------------|
| Deficiente | 0 - 25% |
| Regular | 26 - 50% |
| Bueno | 51 - 75% |
| Excelente | 76 - 100% |

Promedio de valoración total del instrumento: 98 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

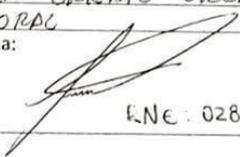


LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe Corregirse

DATOS DEL EXPERTO:

| | | |
|------------------------|--|------------|
| Nombre y Apellidos | ELEANA DANITZA GARATE VILLASANTE | |
| Especialidad | REHABILITADOR ORAL | |
| Lugar y fecha: | Firma: | |
| Cusco - 07 - mayo 2025 |  | RNE: 02812 |



APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES:

TÍTULO: "Comparación de la resistencia a la compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional versus la resina nanohíbrida con circonio- Cusco, 2024"

NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: Ficha de recolección de datos de compresión y contracción de la resina nanohíbrida convencional y de la resina nanohíbrida con circonio

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO:

Por favor, identifique el criterio correspondiente y marque con una "X" la casilla que considere adecuada, tomando en cuenta la escalada de Ricket. Asimismo, puede incluir sugerencias adicionales.

| CRITERIOS | APRECIACIÓN | | | | SUGERENCIAS |
|--|-------------|---------|-------|-----------|-------------|
| | DEFICIENTE | REGULAR | BUENO | EXCELENTE | |
| 1. ¿El instrumento responde al planteamiento del problema? | | | | X | |
| 2. ¿El instrumento responde a los objetivos de la investigación? | | | | X | |
| 3. El instrumento responde a la operacionalización de variables. | | | | X | |
| 4. Los ítems responden a la hipótesis de estudio | | | | X | |
| 5. La estructura que presenta el instrumento es secuencial | | | | X | |
| 6. Los ítems están redactados en forma clara y precisa | | | | X | |
| 7. El número de ítems es adecuado | | | X | | |
| 8. Los ítems del instrumento son válidos | | | | X | |
| 9. ¿Cree que los ítems del instrumento se debe de incrementar? | | | | | no |
| 10. ¿Cree que se debe eliminar algún ítem del instrumento? | | | | | no |

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Para realizar el promedio se tendrá en cuenta los siguientes valores

| VALORACIÓN | PORCENTAJE |
|------------|------------|
| Deficiente | 0 - 25% |
| Regular | 26-50% |
| Buena | 51 - 75% |
| Excelente | 76 - 100% |

Promedio de valoración total del instrumento: 76-100%



LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede a su aplicación

Debe Corregirse

DATOS DEL EXPERTO:

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Nombre y Apellidos | David Casaverte Seminario | |
| Especialidad | Odontología Estética y Restauradora R.N.G. 2470 | |
| Lugar y fecha: | Firma: | |
| Cusco 10 de mayo 2025 | | |

ANEXO 7: CERTIFICADOS DE CALIBRACION



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-173-2025

Página 1 de 2

Expediente : 940-2025
Fecha de emisión : 2025-01-28

1. Solicitante : CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
EURL.
Dirección : MZA. E LOTE. 6 APY. UYMA 6 - SAN SEBASTIAN - CUSCO

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : NO INDICA
Modelo de Prensa : TYA-3000B
Serie de Prensa : 230357
Capacidad de Prensa : 2800 kN

Marca de Indicador : NO INDICA
Modelo de Indicador : NO INDICA
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración
AP ASOCIACIÓN PRO VIVEREDA UYMA 6 LOTE F9 - SAN SEBASTIAN - CUSCO
28 de enero de 2025

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO | MARCA | CERTIFICADO | TRAZABILIDAD |
|-------------------|-----------------|-------------|-----------------------|
| CILINDRO DE CARGA | AEP TRANSDUCERS | INF-LE-217 | SISTEMA INTERNACIONAL |
| INDICADOR | AEP TRANSDUCERS | | |

6. Condiciones Ambientales

| | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 19.2 | 19.2 |
| Humedad % | 52 | 52 |

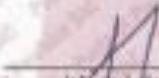
7. Observaciones
Los resultados se muestran en la siguiente página del presente documento.
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

El equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicado ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al momento la correspondiente dispone en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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





Jefe de Laboratorio
Ing. Luz Lanyza Capcha
Reg. CIP N° 152931

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Tel: 292-8106 698-0620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@normas.com



Arsou Group

Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° LMI-062-2024

| | |
|--------------------------------|---|
| Fecha de emisión | 2024/12/13 |
| Solicitante | CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL E.I.R.L. |
| Dirección | JR. JOSE MARIA ROBLES ARNAO NRO. 1028 BARRIO SAN FRANCISCO (FRENTE AL PARQUE CUBA) ANCASH - HUARAZ - HUARAZ |
| Instrumento de medición | BAÑO MARIA |
| Identificación | NO INDICA |
| Marca | ARSOU |
| Modelo | BM003 |
| Serie | 151563 |
| Tipo | DIGITAL |
| Alcance de indicación | 0 °C a 100 °C |
| División de escala | 1 °C |
| Procedencia | PERÚ |
| Ubicación | Laboratorio de asfalto |
| Lugar de calibración | Laboratorio de ARSOU GROUP |
| Fecha de calibración | 2024/12/13 |

Método/Procedimiento de calibración

- SNM – PC-01B 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isoterms con aire como medio termostático. INACAL.
- ASTM D 1559, AASHTO T 245, MTC E 504 – Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ANEXO 8: Evidencia de ejecución de la investigación
MATERIALES E INSUMOS



Resina Filtek Z250 de 3M



Resina Zirconfill de BM4



PLACA DE MDF O TRUPAN



MAQUINA PARA INMERSION EN BAÑO MARIA



PRENSA DE ROTURA

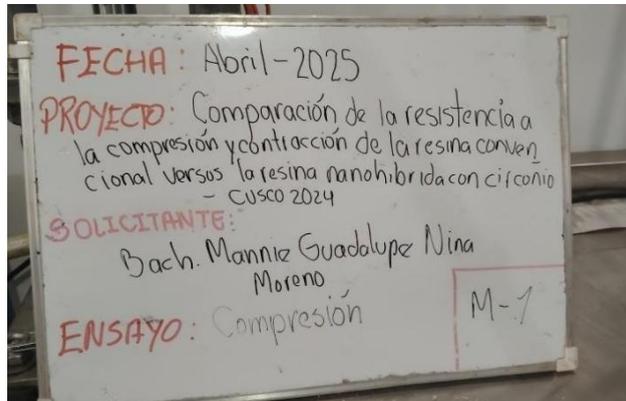


CILINDROS DE RESINA



ETAPA DE MEDICION DE LOS CILINDROS DE RESINA

PRUEBA DE COMPRESION



PRUEBA DE CONTRACCIÓN

