



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN
DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONÓMEROS DE VIDRIO DE ALTA
DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS. IN VITRO

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Alfaro Escalante, Wendoly Rosalinda

Asesora

Medina y Mendoza, Julia Elbia

ORCID: 0000-0002-7176-4417

Jurado

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Peltroche Adrianzen, Nimia Olimpia

Chiong Lam, Lucy del Pilar

Lima - Perú

2025



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONÓMEROS DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS. IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | 7% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 4% |
| 3 | Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante | 3% |
| 4 | www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet | <1% |
| 5 | www.researchgate.net Fuente de Internet | <1% |
| 6 | Rosalyn Mariela Caso Guerra, Katherine Jeanette Campos Campos. "Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú", Odontología Sanmarquina, 2021 Publicación | <1% |
| 7 | repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 9 | Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante | <1% |
| 10 | repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 11 | www.coursehero.com Fuente de Internet | <1% |
| 12 | core.ac.uk Fuente de Internet | <1% |



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN
DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONÓMEROS DE VIDRIO DE ALTA
DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS. IN VITRO

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Alfaro Escalante, Wendoly Rosalinda

Asesora

Medina y Mendoza, Julia Elbia

ORCID: 0000-0002-7176-4417

Jurado

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Peltroche Adrianzen, Nimia Olimpia

Chiong Lam, Lucy del Pilar

Lima - Perú

2025

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, nuestro creador, por bendecirme con amor y salud para poder dar cada paso importante en mi vida.

A mis padres Nelly y Víctor, quienes, con su amor, su paciencia, su sacrificio diario y apoyo incondicional me formaron como una persona con valores, me motivaron a estudiar y luchar por mis metas, y así ser un ejemplo para mi hermana menor Micaela. Me dieron palabras de aliento que hicieron posible culminar mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, quien está presente en mi vida y guía mis pasos para ser una mejor persona cada día.

Agradezco a mi familia por estar presente en todo trayecto de mi vida, por su orientación y motivación constante.

De igual manera, agradezco a mis amistades por acompañarme en mis clases universitarias, estudiar juntas.

También agradezco a mis docentes universitarios y en especial a mi asesora de tesis a la Mg. Medina y Mendoza Julia Elbia, quien me orientó a culminar esta tesis.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Descripción y formulación del problema..... | 2 |
| 1.2. Antecedentes..... | 3 |
| 1.2.1. Antecedentes nacionales..... | 3 |
| 1.2.2. Antecedentes internacionales..... | 4 |
| 1.3. Objetivos..... | 8 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 8 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 8 |
| 1.4. Justificación..... | 9 |
| 1.4.1. Teórica..... | 9 |
| 1.4.2. Práctica..... | 9 |
| 1.4.3. Metodológica..... | 9 |
| 1.5. Hipótesis..... | 9 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación..... | 10 |
| 2.1.1. Resistencia a la compresión..... | 10 |
| 2.1.2 La caries dental y los materiales de restauración dental..... | 11 |
| 2.1.3 Ionómeros de vidrio..... | 12 |
| 2.1.4. Alkasite..... | 16 |
| 2.1.5 Envejecimiento o termociclado..... | 18 |
| III. MÉTODO..... | 20 |
| 3.1. Tipo de investigación..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 3.2. Ámbito temporal y espacial..... | 20 |
| 3.3. Variables..... | 20 |
| 3.3.1. <i>Variable dependiente</i> | 20 |
| 3.3.2. <i>Variable independiente</i> | 20 |
| 3.3.3. <i>Variable interviniente</i> | 20 |
| 3.3.4. <i>Operacionalización de variables</i> | 21 |
| 3.4. Población y muestra..... | 22 |
| 3.4.1. <i>Población</i> | 22 |
| 3.4.2. <i>Muestra</i> | 22 |
| 3.4.3. <i>Criterio de selección</i> | 22 |
| 3.5. Instrumentos..... | 23 |
| 3.6. Procedimientos..... | 23 |
| 3.7. Análisis de datos..... | 26 |
| 3.8. Consideraciones éticas..... | 26 |
| IV. RESULTADOS..... | 27 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 32 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 35 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 36 |
| VIII. REFERENCIAS..... | 37 |
| IX. ANEXOS | 43 |
| 9.1. Anexo A..... | 43 |
| 9.1.1. <i>Matriz de consistencia</i> | 43 |
| 9.2. Anexo B..... | 44 |
| 9.2.1. <i>Carta de presentación para laboratorios</i> | 44 |
| 9.3. Anexo C..... | 46 |

| | |
|--|----|
| 9.3.1. <i>Fotos de procesamiento de muestras</i> | 46 |
| 9.4. Anexo D..... | 50 |
| 9.4.1. <i>Ficha de recolección de datos</i> | 50 |
| 9.5. Anexo E..... | 54 |
| 9.5.1. <i>Ficha de calibración</i> | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables y alkasite, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos..... | 27 |
| Tabla 2. Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, sin envejecimiento | 29 |
| Tabla 3. Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, con envejecimiento a 10 000 ciclos..... | 29 |
| Tabla 4. Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos..... | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Comparación de la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables y alkasite, sin envejecimiento y con envejecimiento..... | 28 |
| Figura 2. Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos..... | 31 |

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia compresiva del material restaurador autopolimerizable de ionómero de vidrio de alta densidad y alkasite envejecidos. **Método:** El estudio fue experimental, prospectivo. La muestra fue de 64 especímenes de 4 mm de diámetro por 6 mm de altura del ionómero de alta densidad y del alkasite; que se dividieron en dos grupos (sin y con envejecimiento). **Resultados:** Para el ionómero de vidrio Equia Forte™ sin recubrimiento y sin envejecimiento se encontró una media de 63.15 ± 7.13 MPa y con envejecimiento de 54.69 ± 7.23 MPa, diferenciándose de los resultados del Equia Forte™ con recubrimiento y sin envejecimiento su media fue 37.76 MPa ± 3.86 , con envejecimiento fue 50.57 ± 4.68 MPa. En el ionómero Riva Self Cure™ su media fue de 64.09 ± 7.07 MPa para el grupo sin envejecimiento y 61.36 ± 5.06 MPa para el grupo con envejecimiento. No se encontró diferencia significativa. En el alkasite Cention N™ su media fue de 190.75 ± 5.64 MPa y con envejecimiento fue 158.3 ± 4.26 MPa. **Conclusiones:** Encontramos diferencia significativa ($p < 0.05$) de la resistencia compresiva entre ionómeros de vidrio y alkasite, sin y con envejecimiento. Siendo el alkasite sin envejecimiento el de mayor resistencia compresiva, y el Equia Forte con recubrimiento y sin envejecimiento el de menor resistencia.

Palabras clave: resistencia a la compresión, ionómeros de vidrio de alta densidad, alkasite, envejecimiento

ABSTRACT

Objective: To compare the compressive strength of self-curing high-density glass ionomer restorative material and aged alkasite. **Method:** The study was experimental, prospective. The sample consisted of 64 specimens of 4 mm diameter by 6 mm height of high-density ionomer and alkasite; which were divided into two groups (uncoated and aged). **Results:** For the Equia Forte™ glass ionomer without coating and without ageing, an average of 63.15 ± 7.13 MPa was found and with ageing of 54.69 ± 7.23 MPa, differentiating from the results of Equia Forte™ with coating and without ageing its average was 37.76 ± 3.86 MPa, with ageing it was 50.57 ± 4.68 MPa. In the Riva Self Cure™ ionomer the mean was 64.09 ± 7.07 MPa for the group without aging and 61.36 ± 5.06 MPa for the group with aging. No significant difference was found. In the Cention N™ alkasite the mean was 190.75 ± 5.64 MPa and with aging it was 158.3 ± 4.26 MPa. **Conclusions:** We found a significant difference ($p < 0.05$) in the compressive strength between glass ionomers and alkasite with and without aging. Alkasite without aging was the one with the highest compressive strength, and Equia Forte with coating and without aging the one with the lowest strength.

Keywords: compressive strength, high-density glass ionomers, alkasite, aging

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación comparará la resistencia a la compresión de materiales de restauración dental de ionómeros de vidrio de alta densidad y de alcasite envejecidos, debido a que actualmente no se han encontrado algún estudio similar realizado en el Perú.

Los materiales de restauración dental en la actualidad evolucionan mucho y suelen ser introducidos en el mercado para dar solución a las necesidades prácticas del odontólogo mejorando la calidad de vida del paciente por medio del aspecto fisiológico y estético. (Rosado, 2021)

Existe gran variedad de materiales de restauración dental, pero en la práctica clínica del odontólogo los más usados son las resinas y los ionómeros de vidrio. Estos últimos, según la Organización Internacional de Normalización (ISO) es correcto nombrarlos como “cemento de polialquenoato”, pero el término “ionómero de vidrio” también se reconoce como un nombre trivialmente aceptable. Y tienen como propiedades la liberación de iones de flúor, bajos coeficientes de expansión térmica, biocompatibilidad con los tejidos, adhesión, buen sellado marginal, entre otros. (Hiremath, 2022; Sidhu y Nicholson, 2016)

Además, existe un nuevo material poco conocido llamado alcasite, el cual está incluido en una nueva categoría, porque cuenta con un relleno alcalino que libera iones de fluoruro, así como también, iones de calcio para neutralizar los ácidos dentro de la cavidad oral. (Hiremath, 2022; Abdallah y Aref, 2021)

Las fuerzas masticatorias y propiedades fisicoquímicas de los materiales de restauración son muy importantes de considerar en el tratamiento de restauraciones dentales conservadas. Existen diversos estudios que comparan la fuerza de flexión, microdureza y compresión, siendo la compresión la fuerza máxima que soporta una muestra y se expresa en Megapascuales (MPa). (Kaptan et al., 2023)

Para ello, en la presente investigación se comparará la resistencia a la compresión de materiales de restauración dental de ionómero de vidrio de alta densidad y de alcasite envejecidos.

1.1. Descripción y formulación del problema

En todo el mundo la caries dental es la enfermedad más prevalente de la cavidad bucal, en el Perú diversas investigaciones relacionadas a la caries dental demostraron que es la enfermedad más prevalente, presente en personas de toda edad; cuando se manifiesta en la persona trae como consecuencias problemas de masticación que va incidir en la digestión de los alimentos, además que traerá problemas de crecimiento, desarrollo y estética, esta problemática es alarmante porque no existen políticas de prevención relacionadas a las enfermedades bucales. (Urure, 2022)

Hoy en día existen distintos materiales de restauración dental, siguiendo el enfoque odontológico de la mínima intervención y la odontología restauradora, los materiales a base de ionómeros de vidrio están volviendo a emerger, debido a múltiples beneficios, como son la dureza, estética y liberación de flúor. Los ionómeros de vidrio vienen en distintas presentaciones de tipo automezcla y de mezclado manual, es importante que al trabajar con niños se trabaje con rapidez, además si son niños no colaboradores, es importante trabajar con materiales de automezcla y autopolimerizables. (Hernández, 2012)

Debemos considerar que la odontología atraviesa un proceso interesante de búsqueda del conocimiento basado en la evidencia, como la importancia de la durabilidad de las distintas restauraciones dentales sometidas a las fuerzas masticatorias y a las propiedades físicas que son sometidas.

Adicionalmente, carecemos de información al respecto de los ionómeros de vidrio de automezcla y autopolimerizables, por ello el propósito de la presente investigación será

comparar la resistencia a la compresión de un alkasite y dos tipos de ionómero de restauración de automezcla. Por lo anteriormente mencionado realizamos la siguiente pregunta.

¿Qué material de restauración dental autopolimerizable de ionómero de vidrio de alta densidad y alkasite envejecidos, presenta mayor resistencia a la compresión?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Zavaleta (2023) presenta una tesis en Perú un estudio, con el propósito de verificar la resistencia a la fuerza de compresión de diferentes ionómeros de vidrio autocurado de alta densidad (Ketac Molar Easymix™, Ketac Universal™, Fuji IX™) envejecidos artificialmente por termociclado. Materiales y métodos, en el procedimiento dividió las muestras en tres grupos: 1 el grupo control, 2 el grupo de 5000 ciclos, 3 el grupo 10000 ciclos, posteriormente fueron sometidos a la fuerza compresiva. Como resultado de esta investigación encontró que los grupos que tuvieron mayor resistencia fueron los grupos controles de cada material, en el Ketac Universal™ se obtuvo un promedio de 115.18 ± 21.73 MPa, en el grupo de Fuji IX™ de 115.57 ± 5.89 MPa y en el grupo de Ketac Molar Easymix™, de 100.52 ± 9.90 MPa. Encontrándose diferencias estadísticamente significativas con relación a la resistencia compresiva, para cada grupo, por su lado, no se halló diferencia entre cada grupo con termociclado y sin termociclado.

Rosado (2021) desarrolló una tesis en Perú, en la que tuvo como objetivo evaluar la microdureza superficial del alkasite Cention N™ empleando autopolimerización y fotopolimerización. Materiales y métodos, utilizó un total de 20 muestras de forma cilíndrica de 4mm de diámetro y 6mm de altura de Cention N™, sobre las cuales preparó 3 indentaciones en cada muestra y conformó 2 grupos: A. autopolimerizado y B. fotopolimerizado. Midió la microdureza superficial con el apoyo de un durómetro, luego promedió las 3 medidas que genera cada muestra. Obtuvo como resultado un promedio de la microdureza superficial del

grupo de autopolimerización de 39.78 kg/mm² y en el grupo de fotopolimerización de 45.28 kg/mm². Obtuvo como conclusión que el alcasite Cention N™ autopolimerizado presentó un promedio de microdureza superficial menor que el fotopolimerizado.

Baños (2021) ejecutó una tesis en Perú, la cual consideró como objetivo evaluar la resistencia compresiva entre ionómeros de vidrio para reconstrucción de muñones. Materiales y métodos, elaboró 30 especímenes de diferente ionómero (Equia Forte y Riva Self Cure) con dimensiones de 4mm de diámetro y 6mm de altura luego fueron sometidas a fuerzas compresivas. Obtuvo como resultandos una resistencia a la compresión del grupo Equia Forte de 101.24 MPa y del Riva Self Cure de 69.46 MPa. Concluyeron qué si existe diferencia estadísticamente significativa de los dos ionómeros de restauración, siendo el Equia Forte con mayor resistencia compresiva.

Caso y Campos (2021) en Perú, realizaron una búsqueda por la literatura científica que tuvo como objetivo identificar las propiedades y aplicaciones clínicas de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima. Como método seleccionaron 40 artículos de distintas bases de datos desde enero del 2010 hasta diciembre del 2019. Como resultados identificaron que en Perú se comercializan los Ionofil Plus, Ketac Molar Easymix™, Fuji IX™ y Equia Forte™. También mencionaron que el Equia Forte encapsulado tiene valores superiores de resistencia a la compresión, de tracción, de flexión y dureza superficial) en comparación a los ionómeros de vidrio de alta viscosidad mezclados a mano. Y dentro de sus aplicaciones clínicas se puede utilizar el Equia Forte™ y el Ionómero Fuji IX™ en restauraciones Clase I y Clase II. Concluyeron que el sistema Equia Forte encapsulado es superior que los otros ionómeros de vidrio según sus propiedades y aplicaciones clínicas.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Kaptan et al. (2023) investigaron in vitro en Suiza, cuyo objetivo fue evaluar las propiedades físicas de siete materiales dentales, entre ellos el Cention N™ (alkasite)

autopolimerizable y fotopolimerizable, una resina compuesta marca 3M y cuatro ionómeros de vidrio. Materiales y método, realizaron pruebas de resistencia a la microtracción, resistencia a la flexión y rugosidad superficial en diferentes grupos por cada material. Como resultado obtuvieron que el Cention N autopolimerizado mostró la mayor resistencia a la flexión 86.3 ± 15.37 MPa y la menor rugosidad superficial comparados con los ionómeros y la resina compuesta. Y en la prueba de microtracción el Cention NTM autopolimerizado (13.25 ± 4.4 MPa) y de la resina compuesta (16.36 ± 4.64 MPa) fueron mayores comparado con los ionómeros de vidrio. Concluyeron que el Cention NTM autopolimerizado tuvo mejores resultados en comparación a la resina y los ionómeros de vidrio.

Báez et al. (2022) desarrollaron una investigación en México, con el propósito de determinar la resistencia a la compresión (RC) de materiales de restauración aplicados en odontopediatría. Materiales y métodos, se elaboraron 270 muestras en total, mediante cada material restaurador 90 muestras, estos materiales fueron Cention NTM, Equia Forte FilTM y Riva Light CureTM, estas muestras se prepararon en moldes cilíndricos de 4mm de diámetro y 6mm de altura, posteriormente fueron fotopolimerizados por 30 segundos. La prueba de RC lo ejecutaron a las 24, 48 y 72 horas después de su polimerización. Resultados, los mayores valores obtenidos fueron el Cention N obtuvo un valor de $167,3 \pm 36.2$ a las 72 horas, el Riva Light CureTM 97.0 ± 23.1 MPa a las 48 horas, y el Equia Forte FilTM 96.4 ± 15.3 MPa a las 72 horas. Concluyeron que la RC del material Cention NTM fue mayor estadísticamente significativo que los ionómeros Equia Forte FilTM y Riva Light CureTM.

Rêgo et al. (2022) ejecutaron una investigación en Canadá, con el objetivo de evaluar tres propiedades mecánicas de ionómeros de vidrio modificados con resina (Ketac NanoTM, Riva Light CureTM y Fuji IITM). Materiales y métodos, elaboraron un total de 120 muestras, seguidamente prepararon muestras rectangulares de 32 x 3.15 x 2 milímetros (mm) para la resistencia a la flexión, muestras sin muescas de 6 x 6 x 6 x 12 mm para la fuerza a la fractura

y también confeccionaron muestras circulares de 6 mm x 3 mm para medir la fuerza a la tracción; cada muestra fue fotopolimerizada por 20 segundos en cada lado, para después almacenarlas en agua destilada a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 7 y 32 días, y ser sometidas a las fuerzas mecánicas empleando la máquina de ensayo universal. El resultado estadístico del ionómero Fuji II™ (de presentación en cápsula) presentó valores superiores de resistencia a la tracción diametral 20.93 ± 4.04 MPa a los 7 días de almacenamiento, Ketac Nano™ 13.30 ± 2.54 MPa y Riva Light Cure™ 13.30 ± 2.54 MPa. La media más alta de la resistencia a la flexión fue del Fuji II con 37.60 ± 5.33 MPa y tenacidad a la fractura con 0.27 ± 0.08 MPa. Concluyeron que los valores de resistencia a la flexión, tenacidad a la fractura y resistencia a la tracción diametral fueron superiores para el Fuji II™ comparado con el Ketac Nano™ y Riva Light Cure™, y que el almacenamiento de 32 días no afectó las propiedades mecánicas de los ionómeros evaluados.

Ivanisevic et al. (2021) investigaron en Croacia, tuvieron como objetivo obtener las propiedades de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la fractura de un ionómero de vidrio Fuji IX™ extra y su variante modificada con nanopartículas de TiO_2 y micropartículas hidroxapatita marinas (HAp). Materiales y métodos, elaboraron muestras en forma de cilindros para cada grupo de 4mm de diámetro y 8mm de altura, dejaron endurecer las muestras, después los retiraron de su molde y pulieron, obtuvieron las muestras finales en una medida de 4mm de diámetro y 6mm de altura. Usaron diferentes grupos pertenecientes a los modificados y no modificados para su evaluación. Los resultados obtenidos fueron en la fuerza compresiva se obtuvo 172.71 N/mm^2 del grupo Fuji IX™ sin modificación de partículas y el menor valor obtenido fue del Fuji IX™ modificado al 3% con HAp. Concluyeron que el ionómero modificado con las partículas no mejoró las propiedades mecánicas, e incluso en algunos casos las empeoró.

Zhang et al. (2020) investigaron in vitro en China, cuyo objetivo evaluó la resistencia a la compresión y estabilidad de sus bordes con siete ionómeros de vidrio comerciales.

Materiales y métodos, utilizaron el Ketac Universal Aplicap™ (KU), Equia Forte™ (EQF), Fuji IX Capsule™, Fuji II™, ChemFil Rock™, IonoStar Plus™ y Riva Self Cure™ (RSC) elaboraron un total de 448 muestras cilíndricas en un molde de un diámetro de 4 mm y una altura de 6mm, posteriormente se fotopolimerizaron por 20 segundos. Las muestras preparadas se envejecieron durante un mes antes de colocarle una capa superior de material, luego envejecieron las muestras (sumergidas en agua de grifo a 37°C y almacenadas en incubadora) por 1 día, 1 semana, 1 mes y 3 meses, previamente a ser sometidas a las fuerzas. Como resultados, obtuvieron que el Equia Forte estableció una superior resistencia a la compresión 314 ± 30 MPa al día, pero el Ketac Universal™ aumentó su valor a los 3 meses a 352 ± 11 MPa. Concluyeron que el Ketac Universal™ tiene mayor resistencia a la compresión comparado junto a los otros ionómeros durante todos los periodos de tiempo y que las muestras reparadas de Equia Forte™ proporcionaron una mayor estabilidad en los bordes estadísticamente significativa que los otros ionómeros.

Menezes et al. (2020) llevaron a cabo una investigación en Brasil, y tuvieron como objetivo determinar la resistencia compresiva, de tracción diametral, de microdureza y de flexión de 18 ionómeros de vidrio. Materiales y métodos, confeccionaron unas 5 muestras por cada material, cuyas medidas fueron 6x4 mm, después se almacenaron a 37°C y una humedad relativa de al menos 90% durante 1 hora, para después pulir las muestras, posteriormente volvieron a colocar cada muestra en agua destilada a 37° C durante 23 horas más, luego se aplicaron sobre la máquina de prueba universal. Resultados, obtuvieron que el Equia Forte™ alcanzó un valor de 207.64 MPa y el Riva Self Cure™ obtuvo 144.84 MPa. Y concluyeron que el Equia Forte™ presentó una resistencia compresiva, de tracción diametral, de microdureza y de flexión superior que los otros ionómeros.

Brzović et al. (2019) en Croacia realizaron una investigación, y su objetivo fue identificar la resistencia a la compresión de 2 ionómeros de vidrios (Equia Fil™ y Equia Forte

Fil™) después del termociclado y la carga cíclica de masticación. Materiales y método, cada ionómero fue dividido en 4 grupos de 7 muestras: el Equia Fil™ sin recubrimiento, el Equia Fil™ con recubrimiento, el Equia Forte Fil™ sin recubrimiento y el Equia Forte Fil™ con recubrimiento de Equia Coat. Después del recubrimiento, las muestras se almacenaron en un ambiente húmedo a 37°C durante 24 horas, posteriormente fueron sometidas a termociclado de 10 000 ciclos de 5°C y 55°C, 100 segundos por cada ciclo y un intervalo de 5 segundos de eliminación del agua de las cámaras del termociclador. Resultados, el valor más alto de resistencia a la compresión fue del Equia Forte™ con recubrimiento con un valor de 198.02 ±37.68 MPa y el menor valor lo obtuvo el Equia Fil™ sin recubrimiento con 163.81 ±19.67 MPa. Conclusión, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el Equia Fil™ sin y con recubrimiento, ni de la carga cíclica de masticación, pero que sí observó una inclinación al aumento de la resistencia a la compresión entre los grupos con recubrimiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar la resistencia a la compresión de materiales de restauración dental autopolimerizables de ionómero de vidrio de alta densidad y alcasite envejecidos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Registrar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio de alta densidad Equia Forte™ con recubrimiento, sin envejecimiento y con envejecimiento.

- Determinar la resistencia a la compresión entre el ionómero de vidrio de alta densidad Equia Forte™ sin recubrimiento, sin envejecimiento y con envejecimiento.

- Detectar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio de alta densidad Riva Self Cure™ sin envejecimiento y con envejecimiento.

- Identificar la resistencia a la compresión del alcasite Cention N™ sin envejecimiento y con envejecimiento.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Se espera incrementar la evidencia científica en relación con la temática de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y del alkasite. De modo que se distingan los materiales de restauración dental autopolimerizables y se tenga una mayor comprensión de las propiedades.

1.4.2. Práctica

Los resultados de la presente investigación permitirán al odontólogo tener más información para el uso clínico, sobre algunos materiales de restauración dental y la propiedad mecánica que estos presentan. Estos materiales autopolimerizables pueden utilizarse en zonas rurales y donde no existen condiciones básicas. También en pacientes con discapacidad o en condiciones limitantes y/o pacientes pediátricos con poca o nula colaboración, para facilitar la atención odontológica.

1.4.3. Metodológica

La presente investigación se llevará a cabo porque en la actualidad existen pocos estudios relacionados a nuestra investigación sobre: la resistencia a la compresión dos ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables (Equia Forte™ y Riva Self Cure™) y un alkasite (Cention N™). Y en Perú no existe una investigación, con estos materiales y sometidos a envejecimiento.

1.5. Hipótesis

Existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de los materiales de restauración dental autopolimerizables de ionómero de vidrio de alta densidad y de alkasite envejecidos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Resistencia a la compresión

Las propiedades mecánicas de los materiales dentales nos permiten conocer su comportamiento frente a la acción de diferentes fuerzas masticatorias, por lo cual en odontología se aplican las leyes físicas de la mecánica para entender la interacción de los materiales de restauración como los ionómeros de vidrio y el tejido biológico. Se considera que el sistema estomatognático está sometido a tres diferentes tipos de deformación, según la orientación de la fuerza: deformación por fuerza de corte, deformación por fuerza tensional y deformación por fuerza compresiva. (Murgueitio, 2001)

La principal propiedad mecánica de los materiales dentales es la resistencia a la compresión, la cual es crucial para su durabilidad, frente a fuerzas mecánicas ejercidas durante la masticación. Esta propiedad se refiere a la capacidad de resistir deformaciones elásticas, plásticas y la destrucción bajo grandes fuerzas. La carga máxima puede causar fracturas, en caso exceda la resistencia del material. (Zavaleta, 2023; Acurio, 2017)

La resistencia a la compresión se refiere a la capacidad para resistir presiones en dirección vertical, siendo importante porque durante la masticación se genera movimientos funcionales o parafuncionales en el sistema estomatognático generando compresión. El conocimiento de esta propiedad es vital en el diseño de tratamientos dentales para evitar fracturas en dientes restaurados. (Acurio, 2017)

La máquina de ensayo mecánico universal es un aparato que nos permite medir la fuerza a la presión de materiales dentales, utilizando un indentador en forma de diamante y aplicando coeficientes de carga mecánica. Además, registra la carga de fractura de cada muestra, y determinar la resistencia a la compresión se calcula con una ecuación: $CS = 4F / (\pi D^2)$, la cual CS es igual a la resistencia a la compresión, F significa la fuerza máxima expresada en Newtons

(N) y D es el diámetro de la muestra elevado al cuadrado. (Bzorvic, 2019; Zavaleta, 2023; Acurio, 2017)

En particular, los ionómeros de vidrio varían su resistencia compresiva según sus componentes. Los ionómeros convencionales son más frágiles, con resistencia a la compresión de 150 a 220 MPa, mientras que, los ionómeros de vidrio modificados con resina tienen mejor resistencia a la flexión y compresión, considerando que todo material puede variar según las condiciones clínicas e individuales del paciente. (Nicholson et al., 2020)

Las normas ISO del año 2003 y 2007 proporcionan valores mínimos para determinadas propiedades físicas de los ionómeros de vidrio, aceptables para que puedan comercializarse, una de esas propiedades es la resistencia a la compresión, expresado en megapascales (MPa), que debe resistir a una fuerza entre 70 a 100 MPa. (Nicholson et al., 2020)

2.1.2. Caries dental y materiales de restauración dental

La caries dental es una enfermedad que impacta a nivel mundial, cuya etiología es multifactorial, siendo una de ellas la presencia del biofilm y la dieta, que afectan los tejidos duros y blandos. En el Perú, el último reporte ejecutado por el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC) del 2005, identificó una prevalencia de caries dental de 90.4% en escolares entre los 6 y 15 años. (Urure, 2022)

Por ello, el nivel de prevención y las restauraciones dentales de los dientes deciduos deben ser tratados oportunamente, para recomponer la fisiología y la estética, para una correcta erupción de los dientes, además de implementar técnicas mínimamente invasivas y atraumáticas. (Zúñiga et al., 2020)

Con el propósito de mejorar los niveles prevención y tratamientos restaurativos de las lesiones de cariosas, se pueden utilizar diferentes materiales restauradores, que pueden ser divididos según su estructura en cuatro tipos: metálicos, como la amalgama; cerámicos, polímeros, que son compuestos formados a partir de un proceso de polimerización, por ejemplo

los adhesivos dentales y finalmente los compuestos que son formados por la combinación de 2 o más materiales químicamente distintos, como las resinas compuestas y el ionómero de vidrio. (Perera, 2020)

Los materiales restauradores del color de los dientes son utilizados en la práctica odontológica convencional, entre ellos se pueden mencionar a las de acción química inerte como: las cerámicas, cerámicas híbridas y resinas compuestas, también a las de acción química que interactúan iónicamente como los ionómeros de vidrio. (Perera, 2020)

2.1.3. Ionómeros de vidrio

El ionómero de vidrio (IV), es un material de restauración a base de agua, polvo, ácidos y copolímeros, producido de una reacción ácido-base, fue introducido a mediados de los años 70 por Hench con el propósito de perfeccionar el cemento de silicato. Según Webman et al. (2016), indican que los avances en las formulaciones de polvo y líquido mejoraron sus propiedades.

En el polvo se encuentran básicamente el sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), fluoruro de calcio (CaF_2), fluoruro sódico (NaF), fluoruro de aluminio (AlF_3) y fosfato de aluminio (AlPO_4). La unión de sílice y alúmina le confiere resistencia al IV. La parte líquida compuesta de una solución acuosa llamada ácido polialquenoico y copolímeros, generan el vidrio de aluminosilicato básico y un polisil que forma la matriz inicial del IV, además su aditivo retarda el fraguado del IV es el ácido tartárico. (Caso y Campos, 2021)

Los IV fraguan entre 2 y 3 minutos después de la mezcla mediante la reacción ácido-base, endureciéndose en la cavidad dentaria. Los IV también son capaces de captar iones de calcio y fosfato en la saliva natural, endureciendo más el material y mejorando la resistencia a la fractura. (Sidhu y Nicholson, 2016)

Sus propiedades físicas de los IV son determinadas mediante: la proporción polvo y líquido, el tamaño de partículas de vidrio, de forma similar con la concentración del poliácido,

etc. Los beneficios del IV son la liberación de flúor, la adhesión de los ionómeros de vidrio sobre el diente, no obstante, las principales desventajas son sus propiedades mecánicas. (Sidhu y Nicholson, 2016)

2.1.3.1. Clasificación de los ionómeros de vidrio. Los IV son clasificados de acuerdo con sus indicaciones clínicas según el autor Mount (1990); Tipo I para cementación, Tipo II para restauraciones y Tipo III para base cavitarias o recubrimiento. (Celdillo, 2017)

Existe una clasificación según Mc Clean (1994), basado en la composición química y endurecimiento, los clasifica en dos grandes grupos: I. Ionómeros convencionales o tradicionales (A. Ionómeros de alta densidad y B. Ionómeros remineralizable) y II. Ionómeros modificados por resinas (A. Ionómeros modificados con resinas fotopolimerizables y B. Ionómeros modificados con resinas autopolimerizables). (Celdillo, 2017)

Los ionómeros de vidrio convencionales de alta densidad tienen iones de Ca^{+} y Al^{3+} , dentro de esta clase se encuentran los híbridos, que fueron modificados los tamaños de sus partículas, mediante la tecnología. También son llamados los altamente viscosos, existen históricamente tres generaciones de esta clase de ionómeros, el Fuji IX™ lanzado en el 2007, luego el Equia Fil™ en el 2011 y el Equia Forte™ durante el 2015. (Franco, 2021)

Los ionómeros de vidrio modificados con resina son ionómeros que incorporan una redícula de resina, simultáneamente en la fase inicial mediante una reacción de autopolimerización o de fotopolimerización, en efecto, la reacción ácido-base que se produce, mejora sus propiedades físicas del material, según la resistencia a la abrasión, fractura y a la flexión. Dependiendo del fabricante se pueden presentar en polvo y líquido con mezcla manual o en cápsulas para mezclado mecánico. (Sidhu y Nicholson, 2016)

Las principales ventajas de los IV modificados con resina son: liberar flúor, lograr adherencia al esmalte y dentina, aspecto estético satisfactorio, propiedades físicas mejoradas respecto a los ionómeros de vidrio convencionales, son económicos. Y dentro de las

desventajas se encuentra que el producto se tiene que estratificar y que se suele realizar una preparación retentiva. (Flury, 2012)

Asimismo, existe otra clasificación según la presentación de los distintos materiales de ionómero de vidrio: A. Polvo y líquido (mezcla manual) y B. Cápsulas (mezcla mecánica).

Una de las indicaciones más importantes, es utilizar la proporción adecuada de polvo líquido, también utilizar una loseta de vidrio y/o papel encerado, que permita la mezcla total de polvo y líquido, para mantener la plasticidad y la humectación de la mezcla. La cantidad de polvo dispensado varía según la densidad de empaquetamiento del polvo en la cuchara volumétrica, el volumen del líquido desde el frasco gotero, se mezclan con rapidez, en un tiempo no mayor de 45 segundos y al terminar se debe observar una superficie brillante; cuando el tiempo de mezclado se prolonga, se torna opaca y se reduce la adhesión a la estructura dental. (Carrillo, 2000; Freitas et al., 2018)

El mezclado manual tiene como ventajas: Proporcionar una mejor regulación en la cantidad de material que se precisa en una situación específica, obtener la posibilidad de mezclar colores diferentes para obtener mejor estética. Y como desventajas: la presencia de porosidad durante la mezcla manual, por el corto tiempo de trabajo, falta de exactitud al medir la proporción de polvo y líquido. (Carrillo, 2000)

En cambio, el uso de las cápsulas de ionómero de vidrio pre dosificadas de mezclado mecánico permite la colocación del material por medio de una jeringa especial, mínima incorporación de aire, tiempo de trabajo inalterable, mejores propiedades físicas y disminución en el tiempo de fraguado. También estas cápsulas contienen una proporción correcta de polvo y líquido lo que garantiza una consistencia buena de la mezcla y un resultado ideal. (Carrillo, 2000; Upadhya y Kishore, 2005)

Los IV convencionales de alta densidad son más usados para la técnica de tratamiento restaurador atraumático (TRA) y se diseñaron como una alternativa a la amalgama para

restauraciones preventivas posteriores, como por ejemplo el Fuji IX™ y Ketac Molar™. Estos ionómeros son de fraguado rápido y la solubilidad en los fluidos orales es muy baja, y la viscosidad relativamente más alta por el resultado de la adición de ácido poliacrílico al polvo. (Upadhya y Kishore, 2005)

Entre algunas marcas de IV de restauración que se comercializa en Perú, los que tienen presentación en cápsula son el IV Equia Forte™ y el IV Riva Self Cure™. (Caso y Campos, 2021; Baños, 2021)

2.1.3.2. Equia Forte. El Equia Forte, es un sistema de restauración dental que es conocido como un ionómero híbrido, combina un ionómero de vidrio de alta densidad y resistencia con un recubrimiento de resina (Equia Forte Coat). El sistema Equia se introdujo al mercado desde el año 2007, y el Equia Forte desde el 2015 y ofrece restaurar los dientes posteriores en bloque. (Joshi et al., 2023)

Las ventajas de este producto es la estética, cuenta con los colores disponibles en A1, A2, A3, A3.5, B1, B2, B3 y C4; también es autoadhesivo, no se contrae, no es pegajoso, no es necesario utilizar una técnica de incrementos, es autopolimerizable en su totalidad en 2 y ½ minutos, resistente a la microfiltración, decoloración y alta liberación de flúor. Adicionalmente ofrece una obturación con alto brillo, translucidez y ahorro del tiempo de pulido. (Cedillo, 2017)

A. Indicaciones clínicas del IV Equia Forte. Se recomienda aplicarlo en restauraciones de clase I, II (las cuales soportan y no soportan stress), restauraciones clase V cervicales y para reconstrucciones de muñones. (Cedillo, 2017)

B. Contraindicaciones clínicas del IV Equia Forte. No se debe usar como un material para recubrimiento pulpar, en pacientes con de hipersensibilidad a los monómeros de acrilato/metacrilato. (Cedillo, 2017)

Equia Forte Coat es un monómero, que contiene relleno de sílice de 40 nanómetros (nm) también consta de 50% metacrilato de metilo y 0.09% de alcanforquinona, protege y optimiza las propiedades físicas de restauración. El recubrimiento se genera usando una tecnología de dispersión, manteniendo una distribución homogénea y previniendo el aglutinamiento. Una de las ventajas de este monómero, es la filtración en las irregularidades de la superficie de la restauración dental, consiguiendo mucha resistencia al desgaste, además de dejar una superficie brillante. (Joshi y Heiss, 2021)

Al aplicarlo sobre la restauración optimiza los beneficios sobre los estadios iniciales del fraguado, a causa del incremento secundario de endurecimiento en la superficie. (Shimada et al., 2015)

2.1.3.3. Riva Self Cure. El IV Riva Self Cure™, tiene un relleno patentado llamado *ionglass*™, el cual está conformado de una mezcla exclusiva de partículas de vidrio ultrafinas y reactivas de varios tamaños, es considerado un vidrio híbrido bioactivo que deja llevar a cabo restauraciones duraderas debido a la adecuada manipulación, resistencia y estética. El *ionglass*™ abarca iones de flúor y estroncio, optimizando de manera conjunta la bioremineralización del diente. (Riva Self, 2024)

Se emplea en restauraciones de Clase I y II, porque su presentación es en cápsula, así como en distintas reconstrucciones, además tiene propiedades similares a la dentina, alta resistencia compresiva en fuerzas masticatorias y una óptima adaptación marginal, siendo beneficioso en cavidades de superficie oclusal, vestibular y proximal. (Baños, 2021)

2.1.4. Alkasite

Los alkasites son materiales de restauración autopolimerizable con fotopolimerización adicional opcional, considerados como un subgrupo de las resinas compuestas. Estos materiales contienen un relleno alcalino que libera iones neutralizadores del ácido, lo que ayuda a regular el pH durante los ataques ácidos, previniendo así la desmineralización. Además,

varios estudios demostraron que este material libera iones de flúor, calcio y fosfato, facilitando la re mineralización del esmalte dental. (Kaptan, 2023)

Dentro de su composición podemos encontrar que la matriz monomérica orgánica del alkasite se encuentra en el líquido de este material está constituido en una mezcla de dimetacrilatos de uretano, ya sea alifático (UDMA) o aromático-alifático, la cual proporciona las características de alkasite. La propiedad neutralizante del ácido actúa sobre el esmalte y la dentina previniendo la desmineralización cuando se exponen al ácido láctico en periodos prolongados. (Ashima et al., 2024)

La matriz monomérica de este material consiste en una mezcla de dimetacrilatos de uretano, ya sea alifático (UDMA) o aromático-alifático, proporciona las características de alkasite. La propiedad neutralizante del ácido actúa sobre el esmalte y la dentina previniendo la desmineralización cuando se exponen al ácido láctico en periodos prolongados. (Contreras, 2021)

El líquido consta de 4 dimetacrilatos: 1. Uretano dimetacrilato (UDMA), 2. Tryciclodecan-dimetanol dimetacrilato (DCP), 3. Tetrametil-xililenuretano dimetacrilato, 4. Polietileno glicol 400 di metacrilato (PEG-400 MDA). Además de estos metacrilatos, la parte líquida contiene iniciadores, catalizadores y otros aditivos. El UDMA, que es componente principal, proporciona la viscosidad moderada y produce fuertes propiedades mecánicas, el DCP agrega baja viscosidad lo cual permite el mezclado manual y el PEG-400 MDA es un monómero que agrega fluidez y propiedad hidrofílica para mejorar la adición al sustrato (diente). (Ashima et al., 2024; Contreras, 2021)

El componente en polvo consiste en rellenos de vidrio, iniciadores y pigmentos, las partículas de polvo oscilan entre 0,1 y 0.35 micrómetros. El alkasite son quimio polimerizables, es un material diseñado para aplicarse de manera rápida y de un solo monobloque, no presenta contracción por polimerización, debido a que presenta silanos unidos a las partículas de relleno

que aportan a que el estrés se reduzca durante la polimerización. Su sistema iniciador de quimio polimerización una sal de cobre, un peróxido y una tiocarbamida, este último mejora la estabilidad del color y la estabilidad. (Firouzmandi et al., 2021; Contreras, 2021)

Los alcasites tienen opción a fotopolimerizar, esta acción se puede ejecutar con luz azul en un intervalo de longitud de onda de aproximadamente 400-500 nm. (Firouzmandi et al., 2021)

2.1.4.1. Cention N. Es una variedad del alcasite, es una resina autopolimerizable, un material de restauración básico de la marca Ivoclar Vivadent AG, utilizado para restauraciones directas de dientes posteriores. También tiene la opción de fotopolimerizar porque contiene dimetacrilato de uretano (UDMA). (Verma, 2020)

El fotoiniciador del alcasite se llama “Ivocerin” (dibenzoil germanio) y un iniciador de óxido de acil-fosfina lo que permite la fotopolimerización opcional, el iniciador (Ivocerin) absorben a los fotones entrantes de la luz, produciendo la ruptura del enlace químico en la molécula, formando dos radicales que reaccionan con el monómero para producir una red polimérica. (Contreras, 2021)

En su composición de polvo contiene vidrio de silicato de aluminio y bario, trifluoruro de iterbio, isofiller, vidrio de fluorosilicato de calcio, bario, aluminio y calcio. En el líquido contiene, dimetacrilato de uretano, dimetacrilato de triciclododecano dimetanol, tetrametilxilileno dimetacrilato de diuretano, polietilenglicol 400 dimetacrilato, Ivocerin e hidroperóxido. (Kaptan, 2023)

2.1.5. Envejecimiento o termociclado

El termociclado es un procedimiento para someter muestras a temperaturas extremas y simular las distintas condiciones de temperatura intrabucal, mediante ciclos térmicos. Este efecto estimula la degradación de la interfaz diente y/o restauración consecuentemente a la diferencia en su coeficiente de expansión térmica. (De León et al., 2020)

El termociclado, también llamado ciclado térmico es común en las pruebas de resistencia al cizallamiento y a la resistencia a la tracción de materiales dentales, entre otros. Según la norma ISO 11405 del 2015, avala la simulación de variación de temperatura de la cavidad oral a 5-37-55°C (Bilgrami et al., 2022). Y para simular un entorno clínico de 1 año se somete un material dental en agua destilada a 5-37-55°C durante 10.000 ciclos (5°C durante 30 segundos; 37°C durante 30 segundos; 55°C durante 30 segundos; período de descanso a 10 segundos). (Kim et al., 2023)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

- Experimental
- Comparativo
- Prospectivo

3.2. Ámbito temporal y espacial

El estudio de investigación se realizó durante los meses de mayo y octubre del año 2024. La elaboración de los especímenes se realizó en el laboratorio de operatoria dental ubicado en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

El envejecimiento/termociclaje según la norma ISO 11405 del 2015 y Bilgrami et al. (2022), se realizan 10 000 ciclos para simular 1 año en boca del material, y la prueba de resistencia a la compresión con la Máquina de Ensayo Universal® se llevará a cabo en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate (HTL) en San Juan de Lurigancho.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable dependiente*

Resistencia a la compresión.

3.3.2. *Variable independiente*

Materiales de restauración dental de ionómero de vidrio de alta densidad y alcasite.

3.3.3. *Variable interviniente*

Envejecimiento/termociclado.

3.3.4. *Operacionalización de variables*

| Variables | Definición Operacional | Indicador | Tipo | Escala | Valores |
|---|--|---|--------------|-----------------------|---|
| Resistencia a la compresión | Capacidad para soportar una carga por unidad de área | Máquina ensayo universal® | Cuantitativa | Razón continua | Megapascales (MPa) 0-X |
| Materiales de restauración dental de ionómero de vidrio de alta densidad y alcasite | Tipo de material de restauración | Marca comercial: -Equia Forte -Riva Self Cure -Cention N | Cualitativa | Nominal Politómica | A1. Equia Forte con recubrimiento (ionómero de vidrio autopolimerizable) A2. Equia Forte sin recubrimiento (ionómero de vidrio autopolimerizable) B. Riva Self Cure (ionómero de vidrio autopolimerizable) C. Cention N (alkasite autopolimerizable) |
| Envejecimiento | Mediante ciclos de termociclado simula el envejecimiento de un material a temperaturas de 5°C-37°C-55°C (Bilgrami et al, 2022) | Número de ciclos de Termociclado | Cualitativa | Nominal | Sin envejecimiento: A las 24 horas Con envejecimiento: A los 10 000 ciclos de termociclado |

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población estuvo conformada por los materiales de restauración dental autopolimerizables de ionómero de vidrio de alta densidad y alcasite.

3.4.2. Muestra

La muestra para cada grupo de evaluación estuvo constituida de acuerdo con el ISO 3597-3:2003(E) donde indica mínimo 8 muestras para cada grupo.

A su vez se usó la fórmula de diferencia de medias, usando 0.01 (Z_a) como margen de seguridad y 95% (Z_b) de confianza. En donde la fórmula es:

$$n = \frac{(2(Z_a + Z_b))^2 \cdot S^2}{d^2}$$

n = número de muestras por grupo.

$Z_a = 2.576$. Valor de significancia al 0.01 a dos colas.

$Z_b = 1.645$. Potencia estadística de 95%.

$S = 9.9$ MPa. Desviación standard (Zavaleta, 2023)

$d = 23.52$. Diferencia de medias (Zavaleta, 2023)

$$\text{Entonces: } n = \frac{(2(2.576 + 1.645))^2 \times 9.9^2}{(23.52)^2} = 6.3133 = 7$$

Por consiguiente, la muestra quedó establecida por un mínimo 7 muestras por cada grupo. Si en total se formó 8 grupos de 8 muestras cada uno, con una dimensión de 4 mm de diámetro y 6 de altura. La población total fue 64 muestras.

El tipo de muestreo que se utilizó fue por conveniencia.

3.4.3. Criterios de selección

3.4.3.1. Criterios de inclusión. Muestras elaboradas según indicaciones del fabricante de cada producto a utilizar. Muestras sin burbujas, ni cuerpos extraños. Muestras elaboradas con materiales no expirados.

3.4.3.2. Criterios de exclusión. Muestras que presenten fracturas o fisuras. Muestras con partículas extrañas. Muestras con materiales vencidos.

3.5. Instrumentos

- Ficha de recolección de datos representado por un cuadro
- Máquina de Ensayo Universal® (Ver Anexo E)

Las máquinas de ensayo universal posibilitan la realización de pruebas de tracción, compresión, flexión, cizallamiento, fricción, en otras pruebas mecánicas; además de permitir obtener los datos en N (newtons). El equipo que se utilizó cuenta con la calibración emitida por el Laboratorio de Fuerzas, Torque y Presión del Instituto Nacional de Calidad-Dirección de Metrología. Y tiene procedencia China

- Máquina de Termociclado® (Ver Anexo E)

La máquina de termociclado, produce un estrés térmico en materiales que son sumergidos en ciclos de temperaturas entre 5°C, 37°C y 55°C para simular un envejecimiento artificial. La máquina utilizada tiene procedencia nacional (peruana).

- Pie de Rey® (Ver Anexo E)

El pie de rey utilizado tiene procedencia japonesa es un instrumento portátil y digital que se utiliza para mediciones externas y con precisión, asimismo tiene un alcance de 0mm a 200mm. También cuenta con un certificado de calibración realizado por INACAL durante el 2024.

3.6. Procedimientos

Se solicitó al departamento académico de la Facultad de Odontología de la UNFV el permiso para el uso del laboratorio de Operatoria Dental, para elaborar las muestras, paralelamente se solicitó a la Oficina de Grados y Títulos una carta de presentación dirigida al Ingeniero Robert Nick Eusebio Teheran del Laboratorio HTL (High Technology Laboratory

Certificate), donde se llevó a cabo la evaluación de la resistencia a la compresión y el termociclaje.

La bachiller recibió capacitación de una especialista del área de operatoria dental para la elaboración de los materiales que se utilizó, por lo tanto, solo ella fue la única encargada de preparar cada muestras según las indicaciones de cada fabricante para evitar sesgos en la presente investigación al momento de preparar los especímenes.

Para la preparación de especímenes fue considerada la normativa ISO 3597-3:2003(E) que establece que las medidas deben ser de 4 mm de diámetro por 6 mm de altura, se utilizó matrices de plástico de tuberculina y arandelas metálicos de medida M6 y como base se colocó una platina de vidrio.

Cada material restaurador se preparó y/o mezcló según las instrucciones del fabricante y fue supervisado por la asesora en el laboratorio de Operatoria dental de la Facultad de Odontología de la UNFV, la elaboración de cada una de las muestras tuvo un procedimiento diferente:

Para el IV Equia Forte™ encapsulado, antes de activar la cápsula de manera mecánica se agitó y golpeó 3 veces la cápsula de manera horizontal, luego se presionará el émbolo por 2 segundos hasta que el émbolo quedó al ras de la cápsula, después se colocó la cápsula en un Amalgamador Imix-3® (máquina de mezclado mecánico) durante 10 segundos, posteriormente se colocó en una pistola/aplicador de cápsula y se colocó el material en los moldes cilíndricos de plástico, después de 2 minutos y medio se retiraron las muestras de sus matrices, realizándose así 32 muestras en total. Luego, a solo 16 muestras, se aplicó el recubrimiento Equia Forte Coat™ con un microbrush sobre cada superficie de la muestra y se continuó a polimerizar por 20 segundos por cada lado. Se utilizó una lámpara marca Ivoclar Vivadent Bluephase N estará previamente calibrada.

Para el IV Riva Self Cure™ encapsulado, se realizó el mismo procedimiento que el IV Equia Forte, pero sin aplicar al final el Equia Forte Coat™ y sin polimerizar, obteniendo 16 muestras.

Para el Cention N™, se colocó el polvo y el líquido sobre un papel plastificado, en una proporción de 1:1, durante el procedimiento se colocó el frasco de forma vertical para que descienda una gota del líquido y del polvo se adicionó con una cuchara dosificadora, luego fue mezclado manualmente añadiendo una primera mitad del polvo al líquido, tras mezclar, se incorporó la segunda mitad del polvo hasta tener una consistencia homogénea brillante, finalmente se aplicó a la matriz plastificada. Finalmente se dejó fraguar por 2 minutos, para después retirar cada muestra de la matriz, obteniendo 16 muestras.

Las muestras fueron pulidas con disco soflex de la marca 3M de grano grueso para que estén paralelas y con una altura de 6mm, luego fueron lavadas con agua destilada, y posteriormente sumergidas en agua destilada por 24 horas.

Primeramente, solo 8 muestras de cada grupo fueron sometidas al termociclado o envejecimiento artificial, se colocaron en frascos estériles con agua destilada a una temperatura de 5-37-55°C durante 10.000 ciclos (5°C durante 30 segundos; 37°C a lo largo de 30 segundos, 55°C en 30 segundos; período de descanso a 10 segundos) en el Laboratorio HTL (High Technology Laboratory Certificate). Posteriormente las 64 muestras fueron evaluadas bajo a la fuerza compresiva en la máquina de ensayo universal, la cual se inició el procedimiento a velocidad constante de 1 mm/min, hasta producir una fuerza máxima y fracturar el material. El resultado de cada una de las muestras será registrado en una ficha de recolección de datos.

Las muestras se dividieron en diferentes números (1 al 8) y se clasificaron en 4 grupos: Equia Forte autopolimerizado con Recubrimiento, Equia Forte™ autopolimerizado sin Recubrimiento, Riva Self Cure™ autopolimerizado y Cention N™ autopolimerizado.

Los resultados se registraron en MPa, obtenidos del software de la máquina. Los datos fueron registrados en una base de datos de Microsoft Excel, detallando el resultado de cada grupo de investigación, número de muestras y fuerza compresiva.

3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron ingresados en una base de datos en el programa Microsoft Excel y el análisis estadístico se realizó con el software IBM SPSS versión 27.0, donde primero se evaluaron los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de Levene, encontrando que los datos no cumplían el supuesto de homogeneidad por lo que se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y el análisis estadístico Post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni. Además de la prueba de U Mann-Whitney para la evaluación de cada material con y sin envejecimiento.

3.8. Consideraciones éticas

La investigación no registró ninguna repercusión ética, porque simplemente se logró medir solo la resistencia a la compresión y termociclaje, a través de especímenes de materiales, en la cual no hubo contacto con personas, ni con sus fluidos.

Las muestras luego de su utilización fueron desechadas bajo la Norma Técnica de Salud n°144-MINSA/2018/DIGESA sobre “Gestión integral y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y centros de investigación”, en un contenedor con bolsa negra los cuales están clasificados como residuos comunes o clase C y pueden ser recolectados por la municipalidad correspondiente.

IV. RESULTADOS

En este estudio se evaluaron ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, los cuales fueron sometidos a la resistencia a la compresión, siendo previamente envejecidos artificialmente a 10 000 ciclos (que equivalen a 1 año en boca).

Tabla 1

Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables y alkasite, sin envejecimiento y a 10 000 ciclos

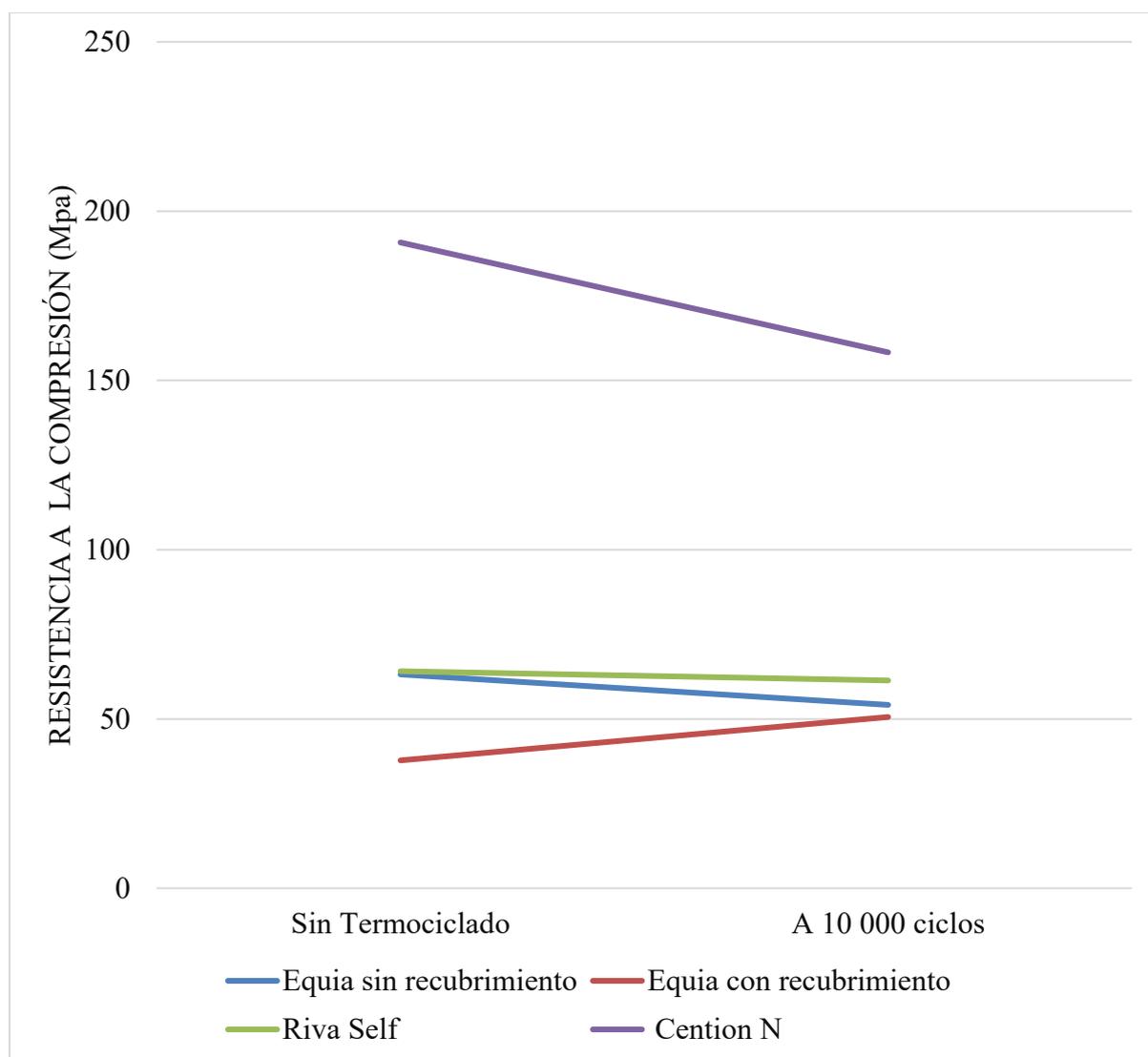
| | | Resistencia a la compresión | | | | |
|--|---|-----------------------------|--------|------|---------|-------|
| | | n | Media | DE | p-valor | Hom. |
| Equia Forte sin recubrimiento | Sin envejecimiento | 8 | 63.15 | 7.13 | .217 | <.001 |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 8 | 54.69 | 7.23 | .548 | |
| Equia Forte con recubrimiento | Sin envejecimiento | 8 | 37.76 | 3.86 | .816 | |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 8 | 50.57 | 4.68 | .597 | |
| Riva Self Cure | Sin envejecimiento | 8 | 64.09 | 7.07 | .307 | |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 8 | 61.36 | 5.06 | .357 | |
| Cention N | Sin envejecimiento | 8 | 190.75 | 5.64 | .664 | |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 8 | 158.30 | 4.26 | .599 | |

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos de la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizable sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos encontrando un mayor valor en la resistencia a la compresión del alkasite autopolimerizable Cention N sin termociclado con una media de 190.75 ± 5.64 MPa y un menor

valor en el Equia Forte con recubrimiento y sin envejecer con una media de 37.76 ± 3.86 MPa. Por su parte, según la prueba de Shapiro–Wilk, todos los grupos mostraron distribución normal ($p > 0.05$), mientras que la prueba de Levene indicó que no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianza ($p < 0.05$), lo cual justifica el uso de análisis no paramétrico posterior.

Figura 1

Resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables y alkasite, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos



Nota. En la Figura se representa la variación en la resistencia a la compresión de cuatro ionómeros de alta densidad, con y sin termociclado. Se observa que Cention N presentó los

valores más altos en ambas condiciones, aunque con una reducción significativa tras el envejecimiento a 10 000 ciclos. Riva Self Cure™ y Equia Forte™ sin recubrimiento mostraron una leve disminución, mientras que Equia con recubrimiento evidenció un aumento de la resistencia tras el envejecimiento. Estos resultados evidencian diferencias en el comportamiento mecánico de los materiales ante el envejecimiento térmico.

Tabla 2

Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alcasite autopolimerizables sin envejecimiento

| Sin envejecimiento | Resistencia a la compresión | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | Media | Mediana | RIC | Estad. | p-valor | |
| Equia Forte sin recubrimiento | 63.15 | 60.87 | 13.07 | 26.185 | A | 0.001 |
| Equia Forte con recubrimiento | 37.76 | 37.41 | 4.07 | | | |
| Riva Self Cure | 64.09 | 62.77 | 13.93 | | A | |
| Cention N | 190.75 | 187.74 | 27.85 | | | |

Nota. Se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para muestras independientes, con una hipótesis nula que asume igualdad entre las medianas de todos los grupos ($p > 0.05$). El resultado mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.001$), aceptando la hipótesis alternativa. Las letras iguales indican los grupos que no presentan diferencias significativas entre sí según la prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni ($p < 0.05$).

Tabla 3

Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alcasite autopolimerizables con envejecimiento a 10 000 ciclos

| Con envejecimiento a 10 000 ciclos | Resistencia a la compresión | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|---------|-----|--------|---------|
| | Media | Mediana | RIC | Estad. | p-valor |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|-------|--------|----|-------|
| Equia Forte sin recubrimiento | 54.15 | 65.14 | 9.25 | 22.911 | AB | 0.001 |
| Equia Forte con recubrimiento | 50.57 | 49.61 | 8.15 | | AC | |
| Riva Self Cure | 61.36 | 60.32 | 9.07 | | BC | |
| Cention N | 158.30 | 154.76 | 18.47 | | | |

Nota. La tabla muestra que mediante la prueba de Kruskal–Wallis, se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.001$). Las comparaciones post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni (Letras iguales no hay diferencia significativa) mostraron que Cention N™ presentó valores significativamente mayores frente a los demás grupos, mientras que Riva Self Cure™, Equia™ sin recubrimiento y Equia™ con recubrimiento compartieron letras (AB, AC, BC), indicando que no hubo diferencias significativas entre ellos. Esto sugiere que, tras el envejecimiento, solo Cention N™ mantiene una resistencia a la compresión significativamente superior frente a los ionómeros evaluados.

Tabla 4

Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alkasite autopolimerizables, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos

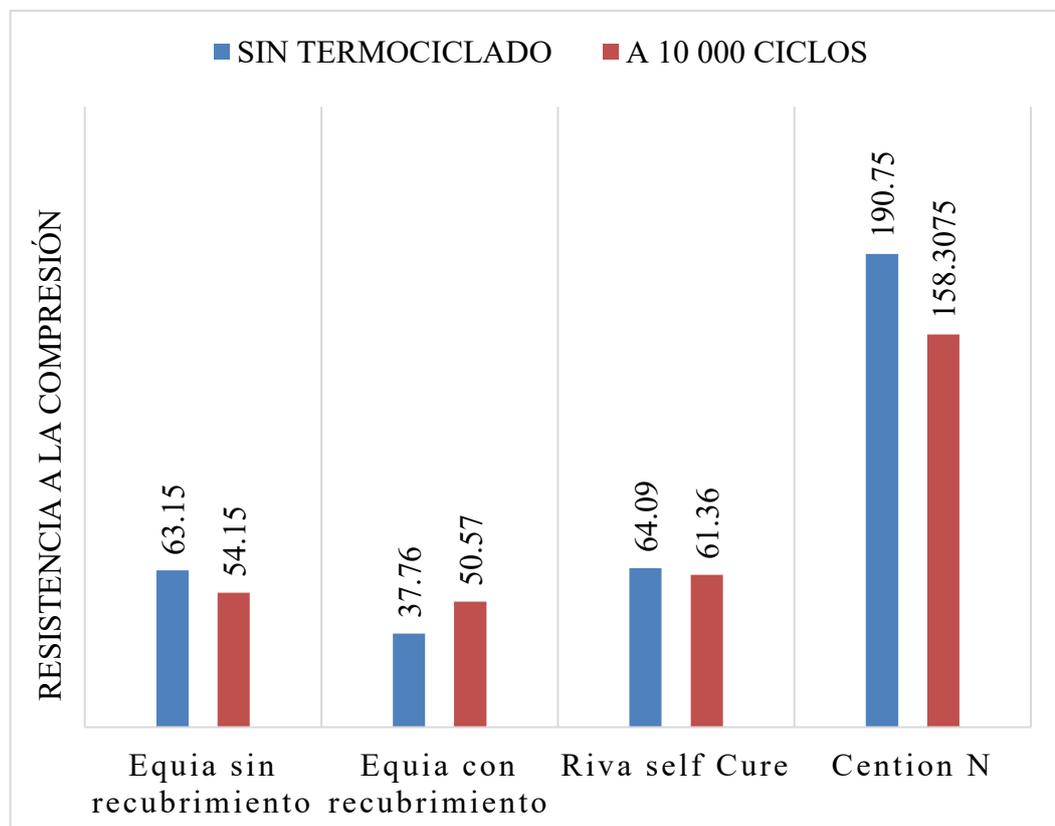
| | | Mediana [RIC] | Valor p |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------|
| Equia Forte sin recubrimiento | Sin envejecimiento | 60.87 [13.07] | 0.17 |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 65.14 [9.25] | |
| Equia Forte con recubrimiento | Sin envejecimiento | 37.41 [4.07] | 0.31 |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 49.61 [8.15] | |
| Riva Self Cure | Sin envejecimiento | 62.77 [13.93] | 0.73 |

| | | | |
|------------------|---|----------------|------|
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 60.32 [9.07] | |
| Cention N | Sin envejecimiento | 187.74 [27.85] | 0.44 |
| | Con envejecimiento (a 10 000 ciclos) | 158.3 [18.47] | |

Nota. La tabla nos muestra la comparación de la resistencia a la compresión de los materiales antes y después del envejecimiento a 10 000 ciclos mediante la prueba de U de Mann–Whitney. Encontrando que Equia Forte™ con y sin recubrimiento, Riva Self Cure™ y Cention N™ no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que indica que su resistencia se mantuvo estable frente al envejecimiento térmico

Figura 2

Comparación de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de alta densidad y alcasite autopolimerizables, sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación se encontró las siguientes medias frente a la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizable sin envejecimiento y con envejecimiento a 10 000 ciclos, encontrando valores de 63.15 ± 7.13 MPa (Equia Forte sin recubrimiento y sin envejecimiento), 54.69 ± 7.23 MPa (Equia Forte sin recubrimiento con envejecimiento), 37.76 ± 3.86 MPa (Equia Forte con Recubrimiento y sin envejecimiento), 50.57 ± 4.68 MPa (Equia Forte con recubrimiento y con envejecimiento), 64.09 ± 7.07 MPa (Riva Self Cure sin envejecimiento) 61.36 ± 5.06 MPa (Riva Self Cure con envejecimiento), 190.75 ± 5.64 MPa (alkasite Cention N sin envejecimiento) y 158.36 ± 4.26 MPa (alkasite Cention N con envejecimiento).

Nuestro trabajo concuerda con Zavaleta (2023) quien evaluó tres ionómeros de vidrio de alta densidad autopolimerizables: Ketac Universal, Ketac Molar Easymix y Fuji XI, los cuales son de mezcla manual y no encontraron diferencias significativas respecto a la resistencia a la compresión de cada uno de los grupos sin y con termociclado, al igual que nuestra investigación, la cual tampoco encontró diferencia significativa entre los grupos sin y con termociclaje, pero sí se encuentra diferencia significativa entre los materiales, esto puede deberse a que evaluamos ionómeros de alta densidad encapsulados de mezcla mecánica, concordando con Rêgo et al. (2022) y con Caso y Campos (2021) quienes también evalúan ionómeros de vidrio de presentación encapsulados encontrando mejores resultados sobre los ionómeros de mezcla manual.

Dentro del trabajo de Zavaleta (2023), la resistencia compresiva de tres ionómeros de vidrio autopolimerizable de alta densidad fue envejecidos artificialmente por termociclaje en tres grupos: el primer grupo es de control, el segundo grupo es de 5000 ciclos, y el tercer grupo de 10000 ciclos. En cambio, en este trabajo se dividieron en solamente dos grupos para cada material: el primer grupo control (sin envejecimiento) y el segundo grupo de 10 000 ciclos (con

envejecimiento), al igual que Brzović et al. (2019) en Croacia con su estudio donde evaluó a dos ionómeros de vidrio (Equia Fil y Equia Forte Fil), y se dividieron en un grupo control y un grupo de envejecimiento de 10 000 ciclos antes de ser sometidos a una carga cíclica de masticación y a la resistencia a la compresión.

Los resultados de la resistencia a la compresión del ionómero de alta densidad Equia Forte™ sin recubrimiento y con recubrimiento (con Equia Forte Coat), respectivamente, tuvieron diferencias, pero no fueron estadísticamente significativas. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Brzovic et al. (2019) donde demostraron que entre los Equia Fil y Equia Forte Fil no hubo diferencias significativas independientemente del recubrimiento, pero sí una tendencia al aumento de la resistencia a la compresión en las muestras con recubrimiento.

La resistencia a la compresión encontrada del alcasite autopolimerizado fue de 190.75 ± 5.64 MPa (sin envejecimiento) y 158.36 ± 4.26 MPa (con envejecimiento a 10 000 ciclos) siendo un material nuevo con diferentes posibilidades de polimerización, coincidiendo con Kaptan et al. (2023), el cual estudió la resistencia a la flexión y rugosidad superficial, obteniendo como resultado que el Cention N autopolimerizado mostró la mayor resistencia a la flexión y la menor rugosidad superficial comparados otros ionómeros y una resina compuesta. También, Fousiya et al. (2022) demostró que la clase de polimerización no tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del Cention N.

En cuanto a las medidas de nuestras muestras de materiales de restauración dental de IV de alta densidad y alcasite, son comparables con los trabajos de Menezes et al. (2020), Zhang et al. (2020), Baños (2021), Ivanisevic et al. (2021) y Báez et al. (2022), los cuales son los autores de nuestros antecedentes colocando como referencia que la medida a trabajar de cada muestra es de 4mm de diámetro y 6mm de altura.

La resistencia a la compresión del Riva Self Cure tiene una ligera tendencia de valores mayores en comparación con el Equia Forte sin y con recubrimiento, pero no son estadísticamente significativos, en cambio en el trabajo de Baños (2021), el Equia Forte tuvo mayor resistencia a la compresión que el Riva Self Cure, este último era en presentación polvolido (mezclado manual) y no en presentación en cápsula (mezclado mecánico) como en nuestro trabajo. También diferimos con Menezes et al. (2020) en Brasil, quienes evaluaron 8 diferentes grupos de ionómeros obteniendo que el Equia Forte tuvo un valor de 207.64 MPa y el Riva Self Cure de 144.84 MPa, y concluyeron que el Equia presentó la mayor resistencia a la compresión, tracción diametral, microdureza y flexión. Esto se debe a que ellos previamente almacenaron solo con agua destilada por 24 horas, antes de exponerlos a las fuerzas, y no trabajaron con envejecimiento; además de que el Riva Self Cure con el que trabajaron fue en presentación en polvo y el Equia Forte si fue en presentación de cápsulas.

El alcasite Cention N, en nuestro trabajo fue el que obtuvo mayor resistencia a la compresión, igualando el resultado que obtuvo Báez et al. (2022), el cual trabajó con el Cention N, Equia Forte Fil y Riva Light Cure, concluyeron que la resistencia a la compresión del material Cention N fue el mayor estadísticamente significativo, similar a Zhang et al. (2020) en China quienes obtuvieron como resultados, que el Ketac Universal tuvo una mayor resistencia a la compresión comparado con otros ionómeros (uno de ellos, el Equia Forte que resulto con menor resistencia a la compresión), pero esto es debido a que trabajaron en periodos de tiempo de 24 horas, 1 semana, 1 mes y 3 meses antes de someter sus muestras a las fuerzas, no trabajaron con el alcasite y con envejecimiento como en nuestro estudio que ha extrapolado los materiales al ambiente de la cavidad oral sometiendo previamente al envejecimiento de 10 000 ciclos que equivale a 1 año del material en boca.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) de la resistencia a la compresión entre las relaciones de los ionómeros de vidrio con el alcasite sin y con envejecimiento. Encontrando una mayor resistencia a la compresión del alcasite Cention N™ sin termociclado y una menor en el Equia Forte™ con recubrimiento y sin termociclado.

6.2. La resistencia a la compresión para el ionómero de vidrio Equia Forte™ sin recubrimiento fue mayor en el grupo sin envejecimiento, y la resistencia disminuyó en el grupo con envejecimiento. Sin encontrar diferencia significativa entre ellos.

6.3. En relación con el Equia Forte™ con recubrimiento hubo una mayor resistencia en el grupo con envejecimiento y una menor en el grupo sin envejecimiento. Sin encontrar diferencia significativa entre ellos.

6.4. La resistencia a la compresión del ionómero Riva Self Cure™ fue mayor para el grupo sin envejecimiento y disminuyó para el grupo con envejecimiento. Sin encontrar diferencia significativa entre ellos.

6.5. La resistencia a la compresión del alcasite Cention N™ fue mayor en el grupo sin envejecimiento y disminuyó para el grupo con envejecimiento. Sin encontrar diferencia significativa entre ellos.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Evaluar otras propiedades como la microdureza del alkasite al ser un nuevo material en el mercado.

7.2. Evaluar la resistencia a la compresión del alkasite con fotopolimerización vs autopolimerización, evaluar el tiempo de polimerización, intensidad de luz y en su presentación en cápsula.

7.3 Evaluar y comparar la resistencia a la compresión de los ionómeros en sus diferentes presentaciones manuales y mecánicas, además de las diferentes tonalidades.

VIII. REFERENCIAS

- Abdallah, R. y Aref, N. (2021). Development of Newly Formulated Nanoalumina-/Alkasite-Based Restorative Material. *International Journal of Dentistry*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.1155/2021/9944909>
- Acurio, P., Falcón, G., Casas, L. y Montoya, P. (2017). Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. *Odontología Vital*, 2(27), 69-77. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000200069&lng=en&tlng=es
- Ashima, V., Sonal, G., Akancha, K., Neha, L. y Rohan, S. (2024). Cention-N: A Review. *Int. J. Res. Pharm. Sci.*, 15 (2), 48-53. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v15i2.4676>
- Báez, R., Preciado, R., Rangel, J. y Berber, M. (2022). Evaluación comparativa de la resistencia a la compresión de tres materiales restauradores utilizados en odontología pediátrica. *Odontol Pediatr.*, 21(2), 14–22. <https://doi.org/10.33738/spo.v21i2.221>
- Baños, J. (2021). *Comparación de la resistencia a la compresión entre dos Cementos de Ionómero de Vidrio indicados para reconstrucción de muñones in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74010>
- Bilgrami, A., Alam, M., Qazi, F., Ur, R., Maqsood, A., Basha, S., Ahmed, N., Syed, K., Mustafa, M., Shrivastava, D., Nagarajappa, A. y Srivastava, K. (2022). An In-Vitro Evaluation of Microleakage in Resin-Based Restorative Materials at Different Time Intervals. *Polymers*, 14(3), 466. <https://doi.org/10.3390/polym14030466>
- Brzović, V., Ivanišević, A., Bilge, Z., Gurgan, S., Jukić, S. y Miletić, I. (2019). Compressive Strength of New Glass Ionomer Cement Technology based Restorative Materials after Thermocycling and Cyclic Loading. *Acta Stomatologica Croatica*, 53(4), 318–325. <https://doi.org/10.15644/asc53/4/2>

- Carrillo, C. (2000). Actualización sobre los cementos de ionómero de vidrio. *Revista ADM LVII* (2), 65-71. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2000/od002f.pdf>
- Caso, R. y Campos, K. (2021). Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. *Odontología Sanmarquina*, 24(4), 351–356. <https://doi.org/10.15381/os.v24i4.19854>
- Celdillas, J. (2017). Equia Forte, Innovación del futuro en obturaciones de cavidades. *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales*, 17, 1-20. <https://www.rodyb.com/category/revista/volumen-2017-revista/>
- Contreras, K. (2021). *Alkasite como material restaurador*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de México]. Dirección general de bibliotecas de la UNAM. https://www.ri.unam.mx/contenidos/ficha/alkasite-como-material-restaurador-3598952?c=p5O2Bq&d=false&q=*&i=23&v=1&t=search_0&as=0
- De León, M., Mederos, M., Cuevas-Suárez, C., Maglione, F. y Grazioli, G. (2020). Estudio in vitro de la relación entre resistencia de unión a esmalte dental y microfiltración en resinas compuestas fotopolimerizables. *Odontoestomatología*, 22(35), 38–49. <https://doi.org/10.22592/ode2020n35a6>
- Firouzmandi, M., Alavi, A., Jafarpour, D., y Sadatsharifee, S. (2021). Fracture Strength and Marginal Adaptation of Conservative and Extended MOD Cavities Restored with Cention N. *International journal of dentistry*, 2021, 5599042. <https://doi.org/10.1155/2021/5599042>
- Fousiya, K., Balagopal, V., Suresh, K., Kumaran, P., Xavier, A., y Menon, M. (2022). Comparative Evaluation of Compressive Strength and Flexural Strength of Self-cured Cention N with Dual-cured Cention N: An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(2), 210–214. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2363>

- Flury, S. (2012). Materiales de obturación para la restauración de dientes temporales. *Quintessence*, 25(7), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.quint.2012.07.011>
- Franco, N. (2021). *Evaluación de las propiedades Físico-Mecánicas de un ionómero de vidrio híbrido y un Alcasite*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México] Dirección General de Bibliotecas. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000806468/3/0806468.pdf>
- Freitas, M., Fagundes, T., Modena, K., Cardia, G. y Navarro, M. (2018). Randomized clinical trial of encapsulated and hand-mixed glass-ionomer ART restorations: one-year follow-up. *Journal of applied oral science: Revista FOB*, 26, e20170129. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0129>
- Hernández, A. (2012). Comparación de la resistencia compresiva entre diferentes tipos de ionómeros de vidrio. *Odovtos - Revista Internacional de Ciencias Dentales*, (14), 55-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499550298006>
- Hiremath, G., Horati, P. y Naik, B. (2022). Evaluation and comparison of flexural strength of Cention N with resin-modified glass-ionomer cement and composite – An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 25(3), 288–291. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_627_21
- Ivanišević, A., Rajić, V., Pilipović, A., Par, M., Ivanković, H. y Baraba, A. (2021). Compressive Strength of Conventional Glass Ionomer Cement Modified with TiO₂ Nano-Powder and Marine-Derived HAp Micro-Powder. *Materials Switzerland*, 14(17), 4964. <https://doi.org/10.3390/ma14174964>
- Joshi, H., Gonapa, P., Tiriveedi, R., Chowdhury, D., Aggarwal, A., Mishra, S. y Babaji, P. (2023). Assessment of Flexural and Compressive Strengths of Equia, GC Gold Hybrid, and Conventional GIC Restorative Materials. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 15(Suppl 2), S1175–S1177. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_174_23

- Kaptan, A., Oznurhan, F. y Candan, M. (2023). In Vitro Comparison of Surface Roughness, Flexural, and Microtensile Strength of Various Glass-Ionomer-Based Materials and a New Alkasite Restorative Material. *Polymers*, 15(3), 650. <https://doi.org/10.3390/polym15030650>
- Kim, S., Bae, H., Lee, H., Lee, J., Kim, Y., Choi, Y., Lee, J. y Shin, S. (2023). The Effects of Thermocycling on the Physical Properties and Biocompatibilities of Various CAD/CAM Restorative Materials. *Pharmaceutics*, 15(8), 2122. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15082122>
- Menezes-Silva, R., Oliveira, B., Magalhães, A., Bueno, L., Borges, A., Baesso, M., Navarro, M., Nicholson, J., Sidhu, S. y Pascotto, R. (2020). Correlation between mechanical properties and stabilization time of chemical bonds in glass-ionomer cements. *Brazilian Oral Research*, 34, e053. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0053>
- Murgueitio, R. (2001). Propiedades mecánicas en odontología, *Revista estomatológica*, 9(2), 30-38. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/ef4c52e5-cca0-44e9-8480-556d344eaa96/content>
- Nicholson, J., Sidhu, S. y Czarnecka, B. (2020). Enhancing the Mechanical Properties of Glass-Ionomer Dental Cements: A Review. *Materials*, 13(11), 2510. <https://doi.org/10.3390/ma13112510>
- Perera, D., Yu, S., Zeng, H., Meyers, I. y Walsh, L. (2020). Acid Resistance of Glass Ionomer Cement Restorative Materials. *Bioengineering*, 7(4), 150. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7040150>
- Rêgo, H., Butler, S. y Santos, M. (2022). Evaluation of the Mechanical Properties of Three Resin-Modified Glass-Ionomer Materials. *BioMed Research International*, 2022, 4690656. <https://doi.org/10.1155/2022/4690656>

- SDI (April 10, 2024). *Riva self cure / riva self cure HV. SDI*. <https://www.sdi.com.au/es-sp/product/riva-self-cure/>
- Sánchez, C. (2000). Actualización sobre los cementos de ionómero de vidrio, 30 años (1969-1999). *Revista ADM , Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 57(2), 65–71. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=2600>
- Sharafeddin, F., Alavi, A., Siabani, S. y Safari, M. (2020). Comparison of Shear Bond Strength of Three Types of Glass Ionomer Cements Containing Hydroxyapatite Nanoparticles to Deep and Superficial Dentin. *Journal of Dentistry*, 21(2), 132–140. <https://doi.org/10.30476/DENTJODS.2019.77762.0>
- Sidhu, S. y Nicholson, J. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of functional biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>
- Upadhyaya, P. y Kishore, G. (2005). Glass Ionomer Cement-The different Generation. *Trends Biomater. Artif. Organs*, 18(2), 158-165. <https://researcher.manipal.edu/en/publications/glass-ionomer-cement-the-different-generations>
- Urure, O., Ramos, C. y Wisa, G. (2022). *Caries dental en niños menores de 12 años en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional UPCH. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/11935>
- Verma, V., Mathur, S., Sachdev, V. y Singh, D. (2020). Evaluation of compressive strength, shear bond strength, and microhardness values of glass-ionomer cement Type IX and Cention N. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 23(6), 550–553. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_109_19
- Webman, M., Mulki, E., Roldan, R., Arevalo, O., Roberts, J. y Garcia-Godoy, F. (2016). A Retrospective Study of the 3-Year Survival Rate of Resin-Modified Glass-Ionomer

Cement Class II Restorations in Primary Molars. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 40(1), 8–13. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.1.8>

Zavaleta, M. (2023). *Resistencia a la compresión de tres cementos de ionómero de vidrio autopolimerizable de alta densidad envejecidos artificialmente: in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7927>

Zhang, J., Braun, P. y Banerjee, A. (2020). In vitro compressive strength and edge stability testing of directly repaired glass-ionomer cements. *Clinical oral investigations*, 24(9), 3029–3038. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03170-x>

Zúñiga, S., Moya-de-Calderón, Z. y Hualla, R. (2020). Sobrevida de los ionómeros de alta viscosidad en molares con tratamiento de restauración atraumática de pre escolares, un año de seguimiento. *VÉRITAS*, 21(2), 55-6. <https://doi.org/10.35286/veritas.v21i2.279>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Metodología |
|---|---|--|--|--|
| ¿Qué material de restauración dental autopolimerizable de ionómero de vidrio de alta densidad y alkasite envejecidos, presenta mayor resistencia a la compresión? | Objetivo general Comparar la resistencia a la compresión de materiales de restauración dental autopolimerizables de ionómero de vidrio de alta densidad y alkasite envejecidos. | Existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de los materiales de restauración dental autopolimerizables de ionómero de vidrio de alta densidad y de alkasite envejecidos. | Variable dependiente Resistencia a la compresión Variable independiente Materiales de restauración dental de ionómero de vidrio de alta densidad y alkasite Variable interviniente Envejecimiento/termociclado | Tipo de investigación: Experimental, comparativo y prospectivo Ámbito temporal y espacial: Laboratorio de Operatoria dental de la Universidad Nacional Federico Villarreal y el Laboratorio High Technology Laboratory Certificate en el año 2024 Población y muestra: La muestra de cada grupo fue de 8 especímenes de acuerdo con el ISO 3597-3:2003(E) |

9.2. Anexo B

9.2.1. Carta de presentación para laboratorios

| | |
|---|--|
|  <p>Universidad Nacional Federico Villarreal</p> | <p>FACULTAD DE ODONTOLOGÍA</p> |
| <p><i>«Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho»</i></p> <hr/> <p>OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO</p> | |
| <p>Pueblo Libre, 19 de setiembre de 2024</p> | |
| <p>ING. ROBERT EUSEBIO TEHERAN JEFE DE LABORATORIO HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC Presente.-</p> | |
| <p>De mi especial consideración:</p> | |
| <p>Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología, Srta. Wendoly Rosalinda Alfaro Escalante quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:</p> | |
| <p>«RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONÓMERO DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS. IN VITRO»</p> | |
| <p>En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Alfaro quien realizará el siguiente trabajo:</p> | |
| <p>✓ <i>Termociclaje y ensayo de la resistencia a la compresión de muestras de materiales de restauración dental autopolimerizables.</i></p> | |
| <p>Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.</p> | |
| <p>Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.</p> | |
| <p>Atentamente</p> | |
|  <p>Dr. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN DECANO</p> |  <p>Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES JEFE OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO FACULTAD DE ODONTOLOGÍA</p> |
| <p>Se adjunta: Plan de Tesis - folios (36) e-mail: wendoly.alfaro28@gmail.com</p> | |
| <p>043-2024 NT: 067142-2024 AAMM/Luz V.</p> |  <p>ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN JEFE DE LABORATORIO</p> |
| <p>Calle San Marcos N° 351 – Pueblo Libre - Correo electrónico: ogt.fo@unfv.edu.pe</p> | |
| <p>Telef.: 7480888 - 8335</p> | |



Universidad Nacional

Federico Villarreal

FACULTAD DE

ODONTOLOGIA

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

DEPARTAMENTO ACADÉMICO

Pueblo Libre, 20 de setiembre de 2024.

OFICIO N° 0161-2024-DA-FO-UNFV

Magister

JULIA ELBIA MEDINA Y MENDOZA

RESPONSABLE DEL TALLER – CLINICA DE OPERATORIA

Presente. -

ASUNTO: Autorización para el Uso del Laboratorio.

REFERENCIA: 1. Carta S/N de la OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO (recibida 20/09/2024)

2. R.D. N° 055-2024-SA-D-FO-UNFV.

Es grato dirigirme a usted, para saludarla cordialmente y en atención al documento de la referencia 2, sírvase brindar las facilidades del caso a la Bachiller en Odontología Srta. **WENDOLY ROSALINDA ALFARO ESCALANTE**, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis, Titulado: «**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MATERIALES DE RESTAURACION DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONOMERO DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS. IN VITRO**», la misma que permitirá desarrollar su trabajo de investigación, en preparación de las muestras del proyecto.

Sin otro particular es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de nuestra especial consideración.

Atentamente,

Dr. Paúl Orestes Mendoza Murillo
Director
Departamento Académico

Se adjunta Protocolo de Tesis
 //Flor Barrera

CC WENDOLY ROSALINDA ALFARO ESCALANTE
 Folios: 37
 NT: 067141

9.3. Anexo C

9.3.1. Fotos de procesamiento de muestras



Imagen n°1 Elaboración de muestras de Equia Forte™



Imagen n°2 Fotopolimerización de muestras de Equia Forte™ con recubrimiento



Imagen n°3 Elaboración de muestras de Riva Self Cure™



Imagen n°4 Cápsulas utilizadas de Equia Forte™ y Riva Self Cure™



Imagen n°5. Elaboración de las muestras de Cention N™

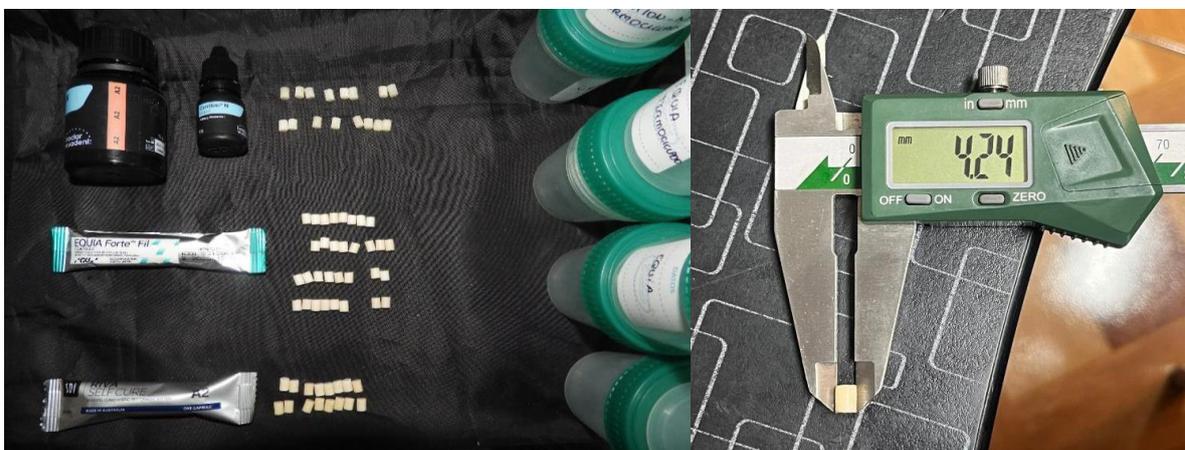


Imagen n°6. Medición de las dimensiones de las muestras de Equia Forte™, Riva Self™ Cure y Cention N™

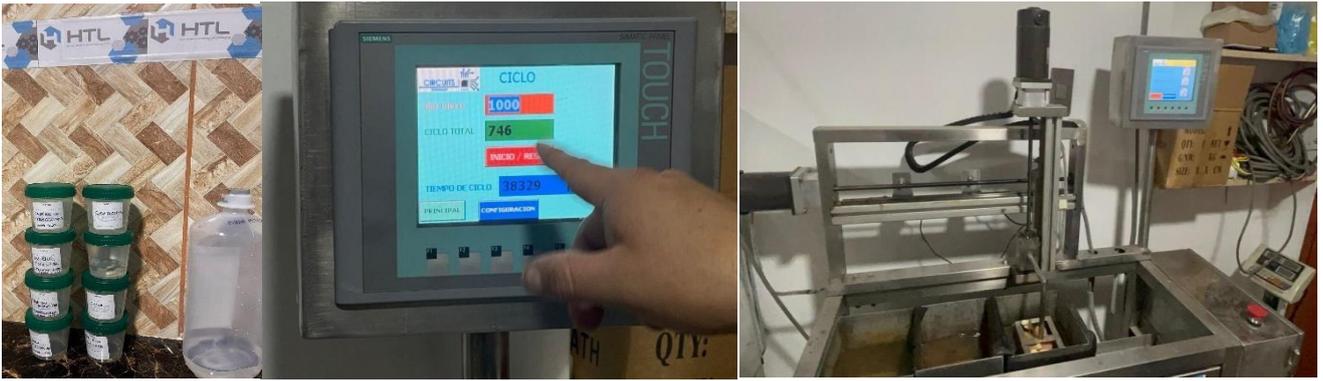


Imagen n°7. Termociclaje/Envejecimiento de muestras



Imagen n°8. Prueba de resistencia a la compresión de las muestras

9.4. Anexo D

9.4.1. Ficha de recolección de datos



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 4

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-0137-2024 | VERSIÓN N° 01 | Fecha de emisión: | 24-09-2024 |
|--|--|---------------------------|--|--|
| ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN MATERIALES ODONTOLÓGICOS | | | | |
| 1. DATOS DE LOS TESISAS | | | | |
| Nombre de tesis | "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN DENTAL AUTOPOLIMERIZABLES DE IONÓMERO DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD Y ALKASITE ENVEJECIDOS, IN VITRO" | | | |
| Nombres y Apellidos | : Wendoly Rosalinda, Alfaro Escalante | | | |
| Dni | : 70882068 | | | |
| Dirección | : MZ 26 LT 6 SECTOR BUENOS MILAGROS, PAMPLONA ALTA-SAN JUAN DE MIRAFLORES | | | |
| 2. EQUIPOS UTILIZADOS | | | | |
| Instrumento | Marca | Aproximación | Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. | |
| Máquina de Ensayos Mecánicos | LG CMT- 5L | 0.001N | | |
| Vernier Digital | Mitutoyo - 200 mm | 0.01mm | | |
| Termociclador | Controlador Siemens | 5°C - 55 °C | | |
| 3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA | | | | |
| Muestras de resinas odontológicas | Cantidad | : Cuarenta (40) muestras | | HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados. |
| | Material | : Resinas odontológicas | | |
| | Grupo 1 | : CENTION N | | |
| | Grupo 2 | : RIVA SELF CURE | | |
| | Grupo 3 | : EQUIA con recubrimiento | | |
| | Grupo 4 | : EQUIA sin recubrimiento | | |
| 4. RECEPCION DE MUESTRAS | | | | |
| Fecha de recepción de muestras | 21 de Septiembre del 2024 | | | El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez. |
| Fecha de Ensayo | 23 de Septiembre del 2024 y 30 de septiembre del 2024 | | | |
| Lugar de Ensayo | Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho-Lima | | | |
| 5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO | | | | |
| El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento: | | | | |
| PROCEDIMIENTO | DESCRIPCIÓN | CAPITULO/NUMERAL | | |
| ISO 3597.3 : 2003 | Textile-glass-reinforced plastics — Determination of mechanical properties on rods made of roving-reinforced resin — Part 3: Determination of compressive strength | -- | | |
| Según solicitante | Se realizó el proceso de termociclado a temperaturas de 5 y 55°C, hasta completar los 10000 ciclos. | -- | | |
| 6. CONDICIONES DE ENSAYO | | | | |
| | Inicial | Final | | |
| Temperatura | 20.7 °C | 20.8 °C | | |
| Humedad Relativa | 65.0 %HR | 65.0 %HR | | |



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

www.ensayoshtl.pe

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-0137-2024 | VERSIÓN N° 01 | Fecha de emisión: | 24-09-2024 | |
|---|---------------|---------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| 7. RESULTADOS DE ENSAYOS | | | | | |
| 7.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN | | | | | |
| Grupo 1: CENTION N sin termociclado | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.02 | 6.01 | 12.69 | 2629.69 | 207.19 |
| 2 | 4.10 | 6.10 | 13.20 | 2880.69 | 218.19 |
| 3 | 4.07 | 6.05 | 13.01 | 2572.60 | 197.74 |
| 4 | 4.04 | 6.05 | 12.82 | 2202.40 | 171.81 |
| 5 | 4.08 | 6.04 | 13.07 | 2454.93 | 187.77 |
| 6 | 4.03 | 6.18 | 12.76 | 2400.78 | 188.21 |
| 7 | 4.05 | 6.08 | 12.88 | 2311.81 | 179.45 |
| 8 | 4.03 | 6.00 | 12.76 | 2247.03 | 176.16 |
| Grupo 1: CENTION N / Termociclado 10000 ciclos | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.05 | 6.02 | 12.88 | 2002.49 | 155.44 |
| 2 | 4.06 | 6.04 | 12.95 | 1963.75 | 151.69 |
| 3 | 4.08 | 6.06 | 13.07 | 1877.28 | 143.59 |
| 4 | 4.02 | 6.08 | 12.69 | 2066.81 | 162.84 |
| 5 | 4.06 | 6.10 | 12.95 | 1928.81 | 148.99 |
| 6 | 4.07 | 6.12 | 13.01 | 2345.98 | 180.32 |
| 7 | 4.09 | 6.12 | 13.14 | 2234.22 | 170.06 |
| 8 | 4.04 | 6.10 | 12.82 | 1974.13 | 154.00 |
| Grupo 2: IV RIVA SELF CURE | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.07 | 6.05 | 13.01 | 792.45 | 60.91 |
| 2 | 4.06 | 6.09 | 12.95 | 901.71 | 69.65 |
| 3 | 4.04 | 6.11 | 12.82 | 710.86 | 55.45 |
| 4 | 4.06 | 6.07 | 12.95 | 749.18 | 57.87 |
| 5 | 4.03 | 6.06 | 12.76 | 741.79 | 58.15 |
| 6 | 4.01 | 6.03 | 12.63 | 917.38 | 72.64 |
| 7 | 4.06 | 6.09 | 12.95 | 836.83 | 64.64 |
| 8 | 4.02 | 6.08 | 12.69 | 931.89 | 73.42 |
| Grupo 2: IV RIVA SELF CURE / Termociclado 10000 ciclos | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.03 | 6.04 | 12.76 | 730.07 | 57.24 |
| 2 | 4.02 | 6.08 | 12.69 | 853.11 | 67.21 |
| 3 | 4.07 | 6.16 | 13.01 | 694.19 | 53.36 |
| 4 | 4.02 | 6.09 | 12.69 | 771.37 | 60.77 |
| 5 | 4.08 | 6.06 | 13.07 | 868.06 | 66.40 |
| 6 | 4.09 | 6.11 | 13.14 | 878.90 | 66.90 |
| 7 | 4.08 | 6.10 | 13.07 | 772.71 | 59.10 |
| 8 | 4.01 | 6.09 | 12.63 | 756.06 | 59.87 |



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-0137-2024 | VERSIÓN N° 01 | Fecha de emisión: | 24-09-2024 | |
|---|---------------|---------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| Grupo 3: EQUA con recubrimiento - Sin termociclado | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.08 | 6.05 | 13.07 | 466.94 | 35.71 |
| 2 | 4.07 | 6.13 | 13.01 | 526.21 | 40.45 |
| 3 | 4.09 | 6.09 | 13.14 | 494.75 | 37.66 |
| 4 | 4.01 | 6.19 | 12.63 | 469.29 | 37.16 |
| 5 | 4.08 | 6.13 | 13.07 | 510.95 | 39.08 |
| 6 | 4.09 | 6.15 | 13.14 | 486.24 | 37.01 |
| 7 | 4.07 | 6.09 | 13.01 | 400.51 | 30.78 |
| 8 | 4.05 | 6.12 | 12.88 | 569.27 | 44.19 |
| Grupo 3: EQUA con recubrimiento / Termociclado 10000 ciclos | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.04 | 6.09 | 12.82 | 684.02 | 53.36 |
| 2 | 4.06 | 6.18 | 12.95 | 712.58 | 55.04 |
| 3 | 4.06 | 6.09 | 12.95 | 658.49 | 50.86 |
| 4 | 4.07 | 6.08 | 13.01 | 613.07 | 47.12 |
| 5 | 4.01 | 6.12 | 12.63 | 610.76 | 48.36 |
| 6 | 4.02 | 6.10 | 12.69 | 587.05 | 46.25 |
| 7 | 4.04 | 6.11 | 12.82 | 579.47 | 45.20 |
| 8 | 4.08 | 6.09 | 13.07 | 763.48 | 58.40 |
| Grupo 4: EQUA EQUA sin recubrimiento - Sin termociclado | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.06 | 6.09 | 12.95 | 777.50 | 60.06 |
| 2 | 4.05 | 6.11 | 12.88 | 786.27 | 61.03 |
| 3 | 4.01 | 6.04 | 12.63 | 728.47 | 57.68 |
| 4 | 4.02 | 6.09 | 12.69 | 934.20 | 73.60 |
| 5 | 4.04 | 6.11 | 12.82 | 827.84 | 64.58 |
| 6 | 4.04 | 6.10 | 12.82 | 943.57 | 73.61 |
| 7 | 4.08 | 6.13 | 13.07 | 704.98 | 53.92 |
| 8 | 4.02 | 6.07 | 12.69 | 770.66 | 60.72 |
| Grupo 4: EQUA EQUA sin recubrimiento / Termociclado 10000 ciclos | | | | | |
| Muestra | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Compresión (Mpa) |
| 1 | 4.01 | 6.11 | 12.63 | 699.68 | 55.40 |
| 2 | 4.06 | 6.08 | 12.95 | 633.05 | 48.90 |
| 3 | 4.07 | 6.11 | 13.01 | 890.91 | 68.48 |
| 4 | 4.06 | 6.09 | 12.95 | 587.97 | 45.42 |
| 5 | 4.07 | 6.12 | 13.01 | 634.32 | 48.76 |
| 6 | 4.06 | 6.13 | 12.95 | 744.78 | 57.53 |
| 7 | 4.08 | 6.09 | 13.07 | 717.65 | 54.89 |
| 8 | 4.02 | 6.08 | 12.69 | 738.46 | 58.18 |



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

www.ensayoshtl.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 4 de 4

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-0137-2024 | VERSIÓN N° 01 | Fecha de emisión: | 24-09-2024 |
|--|---------------|--|-------------------|------------|
|   ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio | |  HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE | | |
| El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo. | | | | |
| FIN DEL DOCUMENTO | | | | |

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe

9.5. Anexo E

9.5.1. Ficha de calibración



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Certificado de Calibración

LFP - C - 044 - 2024

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

| | | |
|---------------------------|---|---|
| Expediente | 1052981 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) |
| Solicitante | HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. | |
| Dirección | Jirón Nepentas 364 urb. san silvestre San juan de Lurigancho | Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org). <i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i> |
| Instrumento de Medición | MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL | |
| Intervalo de Indicaciones | 0 N a 5 000 N | |
| Resolución | 0,01 N | |
| Marca | NO INDICA | |
| Modelo | CMT-5L | |
| Número de Serie | 7419 | |
| Procedencia | NO INDICA | |
| Clase de Exactitud | NO INDICA | |
| Fecha de Calibración | 2024-04-25 | |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente
por DE LA CRUZ
GARCIA Leonardo FAU
20600283015 soft
Fecha: 2024-04-26
19:02:59



Firmado digitalmente
por SANCHEZ AVILES
Ricardo Alfonso FAU
20600283015 soft
Fecha: 2024-04-26
17:38:27

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 022



Registro N° LC - 022

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-143-2024

Página 1 de 3

Fecha de emisión: 2024-08-10

Expediente: 2458-2024

SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección : JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN
JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

UNIDAD BAJO PRUEBA : PIE DE REY
Marca : MITUTOYO
Modelo : CD-8" ASX
Cód. fábrica : 500-197-30
Número de serie : B23082834
Cód. de identificación : No Indica
Ubicación : No indica
Alcance Indic. : 0 mm a 200 mm;
0 in a 8 in
Resolución : 0,01 mm; 0,0005 in
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : Japón

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2024-08-10
Lugar : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método : Según el PC-012 Procedimiento de calibración de pie de rey 5ta. Edición, Agosto 2012, SNM-INDECOPI.

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de Calibración |
|---|----------------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Bloques Patrón de Longitud IL-04 | LLA-C-003-2023 - INACAL-DM |
| | Varillas Cilíndricas IL-15 | LLA-200-2021 - INACAL-DM |
| | Anillo Patrón IL-14 | LLA-174-2021 - INACAL-DM |



Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISES ADOLFO
FIR 10020315 hard
Fecha: 2024.08.10
12:09:33 -05'00'

MOISÉS ADOLFO INGA CHUCOS
INGENIERO FÍSICO
CIP N° 137294



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima, Perú

Telef.: (511) 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981421743

Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 1

N° CTU-2005-2024

Fecha de emisión: 2024-08-08

Expediente: 2413-2024

UNIDAD BAJO PRUEBA: TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL

Marca: EXTECH Rango de indicación: -200 °C a 1370 °C /
 Modelo: 421502 -328 °F a 2498 °F
 Serie: 55001577 División mínima: 0,1 °C / 0,1 °F
 Identificación: No Indica Procedencia: Taiwán
 Ubicación: No Indica Sensor: Tipo k

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

Dirección: JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

DE LA CALIBRACIÓN:

Fecha: 2024-08-08
 Lugar: Laboratorio de Temperatura de UNIMETRO S.A.C.
 Método: Tomando como referencia el PC-017 "Procedimiento para la calibración de termómetros digitales", 2da. Edición, Diciembre 2012, SNM-INDECOPI.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES:

| INDICACIÓN TERMÓMETRO (°C) | CORRECCIÓN (°C) | TCV (°C) | INCERTIDUMBRE (°C) |
|-------------------------------|--------------------|-------------|-----------------------|
| 20,0 | 0,0 | 20,0 | 0,2 |
| 100,0 | 6,5 | 106,5 | 0,5 |
| 200,0 | 8,5 | 208,5 | 0,5 |

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

| | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 22,0 | 21,0 |
| Humedad Relativa (%HR) | 65,0 | 64,0 |

PATRONES DE REFERENCIA:

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de Calibración |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-46 | LT-052-2024 INACAL DM |
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-27 | LT-053-2024 INACAL DM |

OBSERVACIONES:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Gerente de Metrología
 Reg. CIP N° 137294
 Ing. Moises A. Inga Chucos



Fecha:
 2024.08.08
 14:16:57
 -05'00'



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 1

N° CTU-2348-2024

Fecha de emisión: 2024-09-12

Expediente: 2956-2024

UNIDAD BAJO PRUEBA: TERMÓMETRO INFRARROJO

Marca: MESTEK Rango de indicación: -50 °C a 800 °C
 Modelo: IR02B División mínima: 0,1 °C
 Serie: NO INDICA Procedencia: CHINA
 Identificación: UMT-4957 (*) Sensor: Infrarrojo
 Ubicación: NO INDICA

SOLICITANTE: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
 Dirección: JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA

DE LA CALIBRACIÓN: Fecha: 2024-09-12
 Lugar: Laboratorio de Temperatura de UNIMETRO S.A.C.
 Método: La calibración se efectuó tomando como referencia el "Procedimiento TH-002 para la calibración de termómetros de Radiación de Infrarrojo".
 Edición digital 1 del CEM de España.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES:

| INDICACIÓN TERMÓMETRO (°C) | CORRECCIÓN (°C) | TCV (°C) | INCERTIDUMBRE (°C) |
|----------------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 50,0 | -1,8 | 48,2 | 2,4 |
| 100,0 | 1,3 | 101,3 | 2,4 |
| 150,0 | 2,1 | 152,1 | 2,4 |

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

| | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 20,1 | 20,4 |
| Humedad Relativa (%HR) | 63 | 63 |

PATRONES DE REFERENCIA:

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de Calibración |
|--------------------------------------|--|----------------------------|
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-046 | LT-052-2024 INACAL DM |
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-027 | LT-053-2024 INACAL DM |

OBSERVACIONES:

- (*) Identificación asignada por UNIMETRO S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- Las mediciones fueron realizadas con una fuente térmica con un emisividad de fábrica de 0,95.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISES ADOLFO
FIR 10020315 hard
Fecha: 2024.09.21
13:10:07 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.