Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología

Análisis in vitro de la solubilidad, fluidez y radiopacidad de cuatro cementos selladores endodónticos según ISO 6876:2012

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

AUTOR

Víctor Eriberto RAMOS ANDÍA

ASESOR

Abel ANGLAS MACHACUAY

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ramos V. Análisis in vitro de la solubilidad, fluidez y radiopacidad de cuatro cementos selladores endodónticos según ISO 6876:2012 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Profesional de Odontología; 2026.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Víctor Eriberto Ramos Andía
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71648842
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-5554-8516
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Abel Anglas Machacuay
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06180992
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5671-2507
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dr. Fernando Alfonso Ortiz Culca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07747839
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mg. Hernán Horna Palomino
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07313310
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Urbanización: No aplica Manzana y lote: No aplica Calle: Germán Amézaga 375 Latitud: - 12.0564 Longitud: - 77.0843
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2025 - Agosto 2026
URL de disciplinas OCDE	Odontología, Cirugía oral, Medicina oral https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL

A C T A DE SUSTENTACIÓN PRESENCIAL N.º 048/FO-EPO/2026

Los Docentes que suscriben, reunidos el 14 de octubre de 2026 en la ciudad de Lima, siendo las 13:00 horas, por encargo de la Señora Decana de la Facultad, con el objeto de constituir el Jurado de Sustentación para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista del Bachiller:

Víctor Eriberto Ramos Andía

CERTIFICAN:

Que, luego de la Sustentación de la Tesis «**ANÁLISIS IN VITRO DE LA SOLUBILIDAD, FLUIDEZ Y RADIOPACIDAD DE CUATRO CEMENTOS SELLADORES ENDODÓNTICOS SEGÚN ISO 6876:2012.**» y habiendo absuelto las preguntas formuladas, demostró un grado de aprovechamiento:

.....sobresaliente.....

(escala)

Siendo calificado con un promedio de: ....diecinueve.... ....19....

(en letras) (en números)

En tal virtud, firmamos en la Ciudad Universitaria, a los catorce días del mes de octubre del año dos mil veintiséis.

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Fernando Alfonso Ortiz Culca

MIEMBRO SECRETARIO

Mg. Hernán Horna Palomino

MIEMBRO VOCAL (ASESOR)

C.D. Abel Anglas Machacuay

Escala de calificación: Grado de Aprovechamiento:
Sobresaliente (18-20), Bueno (15-17), Regular (12-14), Desaprobado (11 o menos)
Criterios: Originalidad, Exposición, Dominio del Tema, Respuestas.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Abel Anglas Machacuay en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EPO N° **000032-2026-EPO-FO/UNMSM** de la tesis, cuyo título es “Análisis in vitro de la solubilidad, fluidez y radiopacidad de cuatro cementos selladores endodónticos según ISO 6876:2012”, presentado por el bachiller Víctor Eriberto Ramos Andía para optar el título de cirujano dentista CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **9%** de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de cirujano dentista.

Lima, 27 de octubre de 2026

Firma del Asesor: 

Nombres y Apellidos del asesor: Abel Anglas Machacuay

DNI: 06180992

DEDICATORIA

A mi amada madre, Marleni, por todo tu esfuerzo y sacrificios que hicieron que me supere ante las adversidades.

A mi valiente padre, Luis, quien es mi ejemplo a seguir y el motivo por el que estudio esta hermosa profesión.

AGRADECIMIENTOS

Al CD. Abel Anglas Machacuay por su constante asesoría, por su tiempo, por su paciencia y que gracias a ello se pudo concretar este trabajo de investigación.

Al Mg. Hernán Horna Palomino por sus consejos y asesorías para que la presente investigación se desarrolle de la mejor manera.

Al Dr. Fernando Alfonso Ortiz Culca por dedicar su tiempo y apoyo en la elaboración de la presente investigación.

RESUMEN

Objetivo: Comparar las propiedades físico-químicas de cuatro cementos selladores endodónticos (Endofill, Sealer 26, viOseal y KP Root SP) conforme a la norma ISO 6876:2012. **Metodología:** Estudio no experimental in vitro, comparativo, analítico y transversal. Se evaluaron 60 discos con dimensiones según requerimientos de la norma ISO 6876:2012, las pruebas que se midieron fueron solubilidad, fluidez y radiopacidad. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba ANOVA de un factor con comparaciones múltiples de Tukey y prueba de Kruskal-Wallis con corrección de Dunn-Bonferroni, con un nivel de significancia del 5%. **Resultados:** Después de 24 horas, Endofill presentó los valores de solubilidad más altos (p<0,05), en la prueba de fluidez los cuatro selladores presentaron diferencias significativas (p<0.05), siendo Endofill el que tuvo los valores de fluidez más altos, viOseal obtuvo los valores de radiopacidad más altos en comparación a Endofill y Sealer 26 (p<0,05), quienes mostraron una radiopacidad similar, mientras que KP Root SP no mostró diferencias significativas en relación a los demás selladores (p>0,05). **Conclusiones:** Endofill presentó mayor solubilidad a las 24 h y mejor fluidez, mientras que viOseal presentó menor solubilidad y mayor radiopacidad, Sealer 26 presentó menor grado de fluidez. Todos los selladores cumplieron los estándares de la norma ISO 6876:2012.

Palabras clave: Cementos dentales, endodoncia, fenómenos físicos, fenómenos químicos, solubilidad (DeCS/Mesh).

ABSTRACT

Objective: To compare the physicochemical properties of four endodontic sealers (Endofill, Sealer 26, viOseal, and KP Root SP) in accordance with the ISO 6876:2012 standard. **Methodology:** A non-experimental, in vitro, comparative, analytical, and cross-sectional study. Sixty discs, with dimensions meeting the requirements of the ISO 6876:2012 standard, were evaluated; the properties assessed were solubility, flow, and radiopacity. Statistical analysis was performed using a one-way ANOVA with Tukey's multiple comparisons, as well as the Kruskal-Wallis test with a Dunn-Bonferroni correction, at a 5% significance level. **Results:** After 24 hours, Endofill exhibited the highest solubility values ($p<0,05$), in the flow test, significant differences were observed among the four sealers ($p<0,05$), with Endofill showing the highest flow values. viOseal demonstrated the highest radiopacity values compared to Endofill and Sealer 26 ($p<0,05$), which showed similar radiopacity, whereas KP Root SP showed no significant differences relative to the other sealers ($p>0,05$). **Conclusions:** Endofill exhibited higher solubility at 24 h and better flow, whereas viOseal showed lower solubility and higher radiopacity; Sealer 26 presented a lower degree of flow. All sealers met the standards of ISO 6876:2012.

Key words: Dental cements, endodontics, physical phenomena, chemical phenomena, solubility (DeCS/Mesh).

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN……11

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN……..12

2.1 Área del problema……12

2.2 Delimitación……14

2.3 Formulación……13

2.4 Objetivos……15

2.5 Justificación……16

2.6 Limitaciones……...17

III. MARCO TEÓRICO……17

3.1 Antecedentes……17

3.2 Bases teóricas……24

3.2.1 Cementos endodónticos……24

3.2.2 Tipos de cementos endodónticos……25

3.2.3 Propiedades……28

3.2.4 Norma ISO 6876:2012……...30

3.3 Definición de términos……31

3.4 Hipótesis……...32

3.5 Operacionalización de variables……...33

IV. METODOLOGÍA……35

4.1 Diseño y tipo de investigación……..35

4.2 Población y muestra……...35

4.3 Procedimientos y técnicas……39

4.4 Procesamiento y análisis de datos……..42

V. RESULTADOS…..……..43

VI. DISCUSIÓN…….……..49

VII. CONCLUSIONES…….54

VIII. RECOMENDACIONES……55

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……..56

X. ANEXOS…….62

10.1. Anexo 1: Ficha de recolección de datos……..62

10.2. Anexo 2: Ficha técnica de la matriz de radiopacidad……64

10.3. Anexo 3: Conflicto de interés y fuente de financiamiento….65

10.4. Anexo 4: Procedimiento para determinar la solubilidad……66

10.5. Anexo 5: Procedimiento para determinar la fluidez……...69

10.6. Anexo 6: Procedimiento para determinar la radiopacidad…72

10.7. Anexo 7: Determinación de la radiopacidad en mm Al…….74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Información sobre los cementos selladores endodónticos probados…….34

Tabla 2: Valores de solubilidad y fluidez (media, IC95% y desviación estándar de los cementos

evaluados).....47

Tabla 3: Valores de radiopacidad (mediana y rangos de los cementos evaluados).

……48

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1: Moldes para las muestras……..36

Gráfico 1: Valor medio de solubilidad de los cementos vs norma ISO 6876:2012…….49

Gráfico 2: Valor medio de fluidez de los cementos vs norma ISO 6876:2012…….50

Gráfico 3: Valor medio de radiopacidad de los cementos vs norma ISO 6876:2012……51

I.-INTRODUCCIÓN

La terapia endodóntica es un procedimiento odontológico que tiene como objetivo tratar la pulpa dental contaminada con la finalidad de erradicar el proceso infeccioso y prevenir una mayor proliferación bacteriana. Este tratamiento consiste en una preparación mecánica y química del complejo sistema de conductos radiculares y termina con la colocación de materiales biocompatibles que logren un sellado tridimensional hermético que no permita la microfiltración de bacterias hacia los tejidos perirradiculares [1]. Los pasos esenciales en la terapia endodóntica incluyen la apertura cameral, permeabilización, conductometría, preparación biomecánica, desinfección y finalmente la obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares.

En la actualidad existe un avance tecnológico muy importante en la producción de materiales dentales, uno de los materiales fundamentales en la obturación de conductos es el cemento sellador endodóntico, que actúa en compañía del material de relleno, frecuentemente gutapercha. La principal función del sellador es completar los espacios vacíos entre las paredes del conducto y la gutapercha para asegurar un sellado hermético.

Como cualquier tratamiento, la terapia endodóntica no está exenta de factores de riesgo que conllevan al fracaso. Estos factores de riesgo se clasifican principalmente en biológicos y físicos. Los biológicos se deben fundamentalmente a la persistencia de agentes patógenos como *Cándida albicans* (0,5-1,5%) y *Enterococcus faecalis* (24-77%) [2]. Los físicos suelen ser consecuencia de una alta solubilidad, limitada fluidez o una capacidad de sellado insuficiente del cemento. Asimismo, la

complejidad del sistema de conductos radiculares conformado por istmos, conductos laterales, accesorios etc.. Hace que un 17,6-25,7% se quede sin instrumentar [3]. Por lo que el cemento sellador endodóntico y sus propiedades físico-químicas como solubilidad, fluidez y radiopacidad cumplen un rol muy importante en la obturación tridimensional del sistema de conductos.

La norma ISO 6876:2012 plantea una serie de pruebas y requisitos que los selladores deben cumplir para garantizar la eficacia y longevidad de la terapia endodóntica, sin embargo, no existe un sistema estandarizado de utilidad clínica de los numerosos selladores disponibles en el mercado, este vacío complica el proceso de selección de cementos selladores por parte de los profesionales. Por lo tanto, para abordar esta deficiencia, este estudio tiene como objetivo comparar las propiedades físico-químicas de cuatro cementos selladores endodónticos conforme a la norma ISO 6876:2012.

II.-PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1.-Área problema

Los tratamientos de endodoncia deben garantizar un correcto sellado tridimensional de los conductos, la finalidad es que ningún microorganismo proveniente de la cavidad oral llegue a nivel apical y recontamine la región periapical. En la época actual existen múltiples causas que conllevan al fracaso del tratamiento de conductos, como por ejemplo una pobre instrumentación, fallas en la antisepsia de conductos radiculares, conductos no trabajados, entre otros. Las consecuencias son las microfiltraciones apicales y que, con el tiempo, conllevan a un retratamiento del sistema de conductos [4] .

Según un estudio, al menos el 59% de los fracasos endodónticos se atribuyen a la percolación apical inducida por fuga [5]. La penetración de microorganismos al sistema de conductos posterior al tratamiento de endodoncia se manifiesta por la presencia de cepas bacterianas y que no pueden ser eliminadas por el sistema de defensa humano [6] .

Pese a la amplia gama de cementos endodónticos que existen en el mercado, técnicas de obturación e instrumentos sofisticados, hoy en día aún existen fracasos endodónticos, las microfiltraciones apicales continúan siendo un gran desafío para el odontólogo general o especialista, ya sea por la falla del operador o que pueden aparecer por las limitaciones de las características físicas o químicas de los cementos selladores endodónticos (solubilidad, fluidez, radiopacidad, bioactividad, dureza, etc...) [4] .

El sistema de conductos radiculares es un ecosistema muy complejo por la presencia de conductos laterales, istmos y otras ramificaciones, lo cual hace

imposible instrumentar en su totalidad, según un estudio, las áreas no instrumentadas de los istmos corresponden a un 17,6% [3] . Lo cual podría ser clave para el desarrollo microbiano y posterior fracaso endodóntico, allí la antisepsia de conductos radiculares juega un papel importante. La obturación endodóntica depende de las propiedades físico-químicas (solubilidad, fluidez, radiopacidad, etc…) de los cementos selladores, la norma ISO 6876:2012 establece parámetros mínimos aceptables de solubilidad, fluidez, radiopacidad, entre otros. No obstante, los selladores disponibles en el mercado no siempre cumplen de manera uniforme estos parámetros: un sellador puede tener una radiopacidad adecuada, pero ser deficiente en solubilidad; otro puede fraguar rápido, pero mostrar escasa fluidez [7] . Ello lo convierte en un tema importante a investigar y que ya existen artículos con relación a esta problemática.

2.2.-Delimitación del problema

El éxito de los tratamientos de endodoncia depende de múltiples factores, entre ellos: La instrumentación, antisepsia de conductos radiculares o la obturación de los conductos dentinarios. Sin embargo, la preparación del conducto radicular tiene un vínculo íntimo con la obturación, es decir, el sellado tridimensional del sistema de conductos [8] .

El sellado hermético tridimensional del sistema de conductos evitará el ingreso de microorganismos y toxinas desde la cavidad oral hacia el sistema endodóntico tratado [9] . La obturación se logra mediante la compactación de la gutapercha, un material biocompatible y que no altera su estabilidad dimensional a lo largo del tiempo, la cual va acompañada de un cemento sellador endodóntico, cuya función

es la de llenar los vacíos entre la gutapercha y el conducto dentinario con la finalidad de garantizar un correcto sellado del sistema de conductos [10] .

Actualmente, existe un avance tecnológico importante que permite utilizar diferentes alternativas de cementos endodónticos existentes en el mercado y que tienen mejores características físicas y químicas (solubilidad, fluidez, radiopacidad, dureza, bioactividad, capacidad antimicrobiana, etc...) que los cementos endodónticos convencionales. Los cementos selladores endodónticos se clasifican según sus ingredientes químicos en: óxido de zinc eugenol (ZOE), hidróxido de calcio, resina y selladores biocerámicos. Los cementos a base de resina presentan excelentes propiedades físicas de adhesión entre la gutapercha y conducto radicular lo que proporciona resistencia a las fugas [11,12] . Los cementos a base de óxido de zinc pueden tener o no eugenol y algunos tienen agentes medicinales como el paraformaldehido [13]. Los cementos biocerámicos otorgan liberación continua de iones de calcio ya que tienen la propiedad de bioactividad [14] . Cada cemento sellador endodóntico tiene sus ventajas y desventajas, en este contexto, surge la necesidad de comparar cuatro cementos selladores endodónticos de uso clínico frecuente para determinar en qué propiedades cumplen de manera óptima la normativa ISO 6876:2012 y en cuáles presentan limitaciones, información que permitirá orientar la selección clínica y la investigación futura.

2.3.-Formulación del problema

¿Cuál de los cementos selladores endodónticos presenta las mejores propiedades físico-químicas según la norma ISO 6876:2012?

2.4.- Objetivos

Objetivo general

Comparar las propiedades físico-químicas de cuatro cementos selladores endodónticos conforme a la norma ISO 6876:2012

Objetivos específicos

Determinar y comparar la solubilidad (% pérdida de masa a 24 h) de cuatro cementos selladores endodónticos conforme a la norma ISO 6876:2012

Determinar y comparar la fluidez (diámetro medio; Δdiámetros < 1 mm) de cuatro cementos selladores endodónticos conforme a la norma ISO 6876:2012

Determinar y comparar la radiopacidad en mm de Al (criterio ≥ 3 mm Al) de cuatro cementos selladores endodónticos conforme a la norma ISO 6876:2012

2.5.-Justificación

Justificación teórica

La investigación tiene importancia teórica por la escasa evidencia científica con la que se cuenta en nuestro país, con el presente estudio se pretende ampliar los antecedentes y a la vez dar mayor fuerza a las investigaciones previas.

Según la literatura los cementos selladores endodónticos de naturaleza biocerámica presentan las mejores propiedades físico-químicas, mientras que otros estudios respaldan algunas propiedades de los otros cementos de diferente naturaleza. Al no existir una información concluyente, la presente investigación busca brindar mayor evidencia sobre qué tipo de cemento sellador endodóntico reúne las mejores propiedades físico-químicas y así fortalecer el conocimiento de los profesionales.

Justificación práctica

Tiene una importancia práctica porque teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas de los cementos selladores endodónticos, el especialista, dentro del

abanico de posibilidades de los materiales a utilizar en la obturación del sistema de conductos radiculares, podrá optar por el cemento que mejor se adapte a cada caso clínico que se le presente, por ejemplo: La solubilidad compromete el sellado apical a largo plazo, la fluidez determina el grado de penetración en los conductos accesorios y la adaptación a las paredes dentinarias y la radiopacidad es indispensable para verificar la calidad de la obturación. De esta manera mejora la atención práctica a los pacientes y el éxito de los tratamientos de conductos puede aumentar.

Justificación social

Comparar los cementos selladores endodónticos bajo criterios ISO permitirá identificar fortalezas y debilidades específicas de cada uno, evitando asumir que un material es superior en todos los aspectos, esto puede disminuir los casos de fracasos endodónticos, lo que aumentará la seguridad y el nivel de satisfacción de los pacientes.

2.6.-Limitaciones

Debido a la falta de equipamiento en los laboratorios de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos se tendrá que optar por otros laboratorios externos que cuenten con los equipos e instrumentos necesarios para la ejecución de la investigación. Asimismo, la norma ISO 6876:2012 también incluye otras propiedades como el tiempo de trabajo, tiempo de fraguado y espesor de película, sin embargo no fueron tomadas en cuenta en esta investigación por limitaciones en la adquisición de los equipos y cementos selladores.

III.-MARCO TEÓRICO

3.1.-Antecedentes

Torres FFE y col (2017) [15] . El objetivo del estudio fue evaluar la solubilidad, estabilidad dimensional, la capacidad de relleno, y el cambio volumétrico. Se utilizaron 3 cementos White MTA Angelus, Biodentine y cemento ZOE los cuales se mezclaron según las indicaciones del fabricante. Los resultados mostraron que, a los 7 días, BIO mostró mayor solubilidad y a los 30 días mostró mayor cambio volumétrico en comparación con MTA. En cuanto al cambio volumétrico, los resultados fueron similares a los 7 días en los tres cementos selladores. A los 30 días presentaron similar solubilidad. BIO y MTA mostraron mayor estabilidad dimensional que ZOE. Se concluyó que el cemento ZOE presentó mayor cambio dimensional y el cemento BIO mayor solubilidad a los 7 días, las pruebas de micro –CT proporcionan datos importantes sobre las propiedades físico-químicas de los cementos que complementan a las pruebas convencionales.

Torres FFE y col (2018) [16] . El objetivo del estudio fue evaluar la absorción de fluidos, solubilidad, y porosidad de 3 cementos selladores endodónticos MTA ANGELUS, BIODENTINE (BIO), y un cemento a base de ZOE. Estudio cuasiexperimental in vitro. Se obtuvieron muestras mezcladas según las indicaciones del fabricante, para cada prueba se utilizaron 6 muestras de cada cemento con diferentes diámetros y espesores, la solubilidad se evaluó mediante inmersión en agua destilada durante 7 a 30 días, la porosidad se evaluó mediante microscopio electrónico de barrido y tomografía microcomputarizada, y la prueba de

absorción de fluidos se utilizó la solución salina de Hank. Los resultados mostraron que BIO tuvo mayor solubilidad, MTA presentó mayor porosidad y la absorción de fluidos fue similar en los tres cementos. Se concluye que ZOE tuvo valores más bajos de solubilidad, porosidad y absorción de tejidos y que la solubilidad, porosidad y absorción de tejidos están relacionadas.

Eren SK y col (2022) [17] .El estudio tuvo como objetivo investigar la estabilidad del color, solubilidad y las características superficiales de tres cementos a base de silicato de calcio después de ser sumergidas en diferentes soluciones. Se utilizaron 3 tipos de cementos ProRoot White MTA, BIO y ERRM en grupos de 40 muestras por sellador y preparados según las indicaciones del fabricante en muestras cilíndricas de diámetro 10 mm y alto 2 mm, Las muestras fueron divididas en n=10 y sumergidas en 4 soluciones diferentes, agua destilada, hipoclorito de sodio 5%, clorhexidina 2% y clorhidrato de octenidina 0,1%. Se emplearon instrumentos como balanza analítica y microscopio electrónico de barrido. Los resultados evidenciaron que MTA tuvo mayor decoloración, todos los cementos mostraron una solubilidad significativa independientemente de la solución. Se concluye que todos los materiales mostraron solubilidad después de la inmersión en las soluciones evidenciando precipitación de cristales después del contacto y BIO y ERRM son alternativas de ProRoot White MTA puesto que no presentan una decoloración significativa.

Zamparini F y col (2022) [18] . El objetivo del estudio fue evaluar las diferentes propiedades físico-químicas clínicamente relevantes como el tiempo de fraguado, radiopacidad, solubilidad, entre otros. Estudio in vitro. Se utilizaron 3 cementos selladores biocerámicos CERASEAL, AH PLUS BIOCERAMIC, NEOSEALER FLO y como control se utilizó un sellador a base de resina epoxi AH PLUS los cuales fueron sometidos a diversas pruebas comparativas utilizando solución salina, espectroscopía y softwares, Los resultados mostraron que el volumen de poros abiertos era significativamente mayor en los cementos biocerámicos en comparación al cemento de resina epoxi, los cementos biocerámicos tuvieron una mayor cantidad de liberación de iones, AH PLUS mostró una solubilidad menor y radiopacidad más alta que los cementos biocerámicos. Se concluyó que los cementos biocerámicos cumplen con los estándares físicos y químicos requeridos y este estudio respalda el uso clínico.

Camilleri J y col (2022) [19] . El objetivo del estudio fue identificar un método simple y reproducible para probar la solubilidad de los materiales hidráulicos utilizados como selladores endodónticos. Los métodos de solubilidad fueron según la norma ISO 6876-2012 y mediante tomografía microcomputarizada. Se probaron 2 cementos a base de silicato de calcio y 2 cementos a base de silicato tricálcico, los materiales se mezclaron según las indicaciones del fabricante y se prepararon muestras de prueba de 10 mm y 2mm de espesor de cada material y se dejaron reposar en un ambiente húmedo a 37° C por 24 horas. La solubilidad se determinó después de la inmersión en agua, solución salina de Hank HBSS o HBSS que contenía suero fetal

de ternera al 10%. Los resultados obtenidos variaron según el método utilizado, siendo el método ISO 6876:2012 el que identificó diferencias en la solubilidad de los materiales, sin embargo, cuando se modificaron con soluciones alternativas no mostraron diferencias, lo que indica que este método no era sólido. Sin embargo, las evaluaciones de peso y volumen mediante el método con tomografía microcomputarizada no dependieron de la solución. Se concluye que el método mediante tomografía microcomputarizada es más reproducible y clínicamente más relevante para los materiales de obturación.

Cassiano Ferraz D y col (2022) [20] . El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 3 cementos selladores endodónticos a base de silicato de calcio en la terapia pulpar vital. Los tres cementos a evaluar fueron Biodentine XP (BD-XP), Bio C Repair (BC) y Endosequence RRM (ES), las propiedades a evaluar fueron el tiempo de fraguado, solubilidad y pH siguiendo las directrices de las normas ISO 6876:2012, asimismo, se expusieron células madre de pulpa dental humana con ácido lipoteicoico y después a los eluidos del cemento. Los resultados mostraron que el tiempo de fraguado inicial y final de BD-XP fue menor que el BC y ES y BC respectivamente, BD-XP y ES mostraron niveles de solubilidad significativamente menores comparándolos con BC, asimismo, todos los materiales fueron alcalinos hasta los 7 días. Se utilizó la prueba Shapiro-Wilk para determinar la distribución normal de los datos y prueba ANOVA para analizar el tiempo de fraguado, el pH, citotoxicidad y solubilidad. Se concluye que los 3 cementos son adecuados para la terapia pulpar vital, a pesar de la alta solubilidad que presentan, su pH alcalino y sus propiedades biológicas respaldan su uso.

Sen HG y col (2023) [21] .El objetivo del estudio fue comparar la radiopacidad de cuatro cementos selladores endodónticos a base de silicato de calcio: Biodentine, ProRoot MTA, Neo MTA 2 y Ortho MTA mediante radiografías digitales. Los cementos fueron mezclados según la proporciones especificadas por los fabricantes. Se obtuvieron moldes de plexiglás con dimensiones 10 mm de diámetro y 1 mm de profundidad y se colocó una platina de vidrio encima para mantener el espesor uniforme, se trabajaron 10 muestras de cada cemento, posterior, se colocaron en una incubadora a 37° C, humedad del 95% durante 24 horas hasta el punto de fraguado. Se fabricó una placa de aluminio con cuña escalonada de 14 pasos con espesor de 1 mm, el sistema digital de rayos x se ajustó a 70 KVp y 8 mA a una distancia de 30 cm y un tiempo de exposición de 0,32 s. Los resultados obtenidos se analizaron en el software Mediadent y Curve Expert Professional para determinar su equivalente en mm de Al. Los resultados fueron 4,32 ± 0,17 mm Al, 3,92 ± 0,09 mm Al, 3,83 ± 0,07 mm Al y 2,29 ± 0,21 mm Al para los cementos ProRoot MTA, OrthoMTA, NeoMTA 2 y Biodentine respectivamente. Se concluye que el cemento ProRoot MTA es el más radiopaco y que Biodentine no cumplió con los requisitos mínimos de radiopacidad de las normas ISO 6876:2012 y ADA 57.

Luna-Cruz SM y col (2024) [22] . El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades físico-químicas de radiopacidad, solubilidad, resistencia a la compresión, tiempo de fraguado, entre otros de un cemento experimental a base de silicato tricálcico comparándolo con cementos MTA-Angelus White y Biodentine según las normas ISO 6876-2012 e ISO 9917-1/2019. Las muestras empleadas se mezclaron según las indicaciones del fabricante, para cada prueba se utilizaron 3, 6 y 10 muestras en anillos metálicos de 10 mm de diámetro y 1mm o 2 mm de altura siguiendo las

normas ISO 6876-2012 y 9917-1/2019. Los datos recopilados fueron sometidos a pruebas estadísticas Shapiro Wilk, ANOVA y Kruskal-Wallis. Los resultados mostraron que los cementos ETSC y MTA-Angelus tienen similar radiopacidad 6,1 mm Al y 5,67 mm Al respectivamente y fueron significativamente superiores al Biodentine 3b mm Al, cumpliendo las normas ISO > 3 mm Al, Biodentine mostró la resistencia a la compresión más alta 88,8 MPa, respecto a la solubilidad todos los cementos mostraron valores menores al 3%, Se concluye que el cemento experimental exhibió resultados similares o mejores que los cementos comerciales con excepción de la resistencia a la compresión, donde el Biodentine fue superior.

Raman V y col (2024) [23] . El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades físico-químicas de tres selladores a base de cemento hidráulico. Se utilizaron los cementos BC Universal en comparación con los Totalfill BC y AH Plus Bioceramic. Las muestras empleadas fueron moldes de 10 mm de diámetro y 2 mm de espesor, la microscopía y composición se evaluaron con microscopio electrónico de barrido, las propiedades físicas como espesor de película, flujo, radiopacidad y solubilidad se evaluaron según la norma ISO 6876: 2012. Los resultados arrojaron que Totalfill BC tiene la mayor liberación de calcio a los 7 y 28 días, le sigue AH Plus Bioceramic y último el sellador BC Universal, los tres cumplieron los requisitos de la norma ISO en términos de flujo y radiopacidad y todos los selladores superaron el rango de solubilidad de la norma ISO 6876:2012. Se concluye que, si bien los tres cementos selladores tienen componentes similares, las propiedades tanto físicas como químicas varían y es necesario realizar pruebas de las propiedades del material para comprobar su idoneidad en la práctica clínica.

Batista LCN y col (2025) [24] . El objetivo del estudio fue comparar y analizar el cemento 5 óxidos minerales 5MO con White MTA Angelus con respecto a sus propiedades fisicoquímicas como solubilidad, pH, tiempo de fraguado y caracterización de la superficie. Los cementos se prepararon según la composición e instrucciones del fabricante. Se utilizaron muestras n=10, el pH se midió en tiempos de 3, 12, 24h, 3, 7, 14 y 21 días, la solubilidad se determinó tras sumergir las muestras en solución salina tamponada con fosfato, el análisis superficial se determinó con microscopía electrónica de barrido y el análisis químico con espectroscopía infrarroja. Los resultados mostraron que ambos cementos presentan un pH alcalino, el sellador 5MO presentó mayor solubilidad y mayor tiempo de fraguado y sus composiciones químicas y características superficiales pueden correlacionarse con diferencias en la práctica clínica. Se concluyó que al tener mayor solubilidad y tiempo de fraguado, el cemento 5MO puede comprometer el sellado, promoviendo la recontaminación bacteriana en comparación al MTA Angelus White.

3.2.-Bases teóricas

3.2.1 Cementos endodónticos

Actualmente existe un avance tecnológico muy importante, lo cual permite una gran diversidad de cementos selladores endodónticos. Los materiales sofisticados dan grandes ventajas y mejoran las propiedades físico-químicas que necesita un cemento sellador endodóntico, por ende, elevan la tasa de éxito del tratamiento endodóntico. Uno de los cementos que ha ganado amplio terreno en la práctica clínica e investigaciones científicas son los cementos a base de biocerámica, puesto

que, gracias a su naturaleza bioactiva, ofrece al especialista y pacientes, un mayor confort en los tratamientos de endodoncia.

Los cementos selladores endodónticos son materiales dentales que se utilizan como una pasta fina y viscosa que funciona como agente cementante durante la obturación definitiva, lo cual permite que la gutapercha se fije en el sistema de conductos [25] . Los cementos endodónticos pueden rellenar conductos laterales, istmos, cavos interradiculares y conductos accesorios donde la gutapercha no puede ingresar y de esta manera cumple un rol muy importante en el sellado hermético de los conductos, si el cemento no cumple esta función, la microfiltración es inevitable y el tratamiento endodóntico fracasa [26] .

3.2.2 Tipos de cementos endodónticos

A lo largo del tiempo, diversos cementos endodónticos han sido propuestos y se clasifican según su reacción de fraguado y su composición química en: Óxido de zinc-eugenol, salicilatos, resinosos, hidróxido de calcio y biocerámicos [27] .

Cementos a base de óxido de zinc- eugenol (ZOE)

La fórmula de óxido de zinc-eugenol fue desarrollada por Rickert y Dixon en 1931, se convirtió en el cemento sellador Kerr [28]. Posteriormente la fórmula desarrollada por el doctor Grossman en 1936 se convirtió en el cemento sellador Proco-Sol de la casa StarDent. Según Grossman, los cementos selladores endodónticos deberían cumplir con las siguientes características: Ser radiopaco, ser bien tolerado por los tejidos periapicales, nula contracción al fraguado, fraguado lento, adhesividad, solubilidad en solventes, capacidad de sellado hermético, insoluble en líquidos orales y ser un bacteriostático. Es en el año 1965 donde Grossman llega a la

fórmula definitiva, donde el polvo se compone de: 27 partes de resina Staybelite, 41 partes de óxido de zinc, 15 partes de subcarbonato de bismuto, 15 partes de sulfato de bario y 2 partes de borato de sodio, el líquido está compuesto únicamente con eugenol [29].

Los cementos basados en óxido de zinc y eugenol fueron los primeros cementos selladores del mercado, son considerados citotóxicos o antibacterianos [30]. Están compuestos por polvo óxido de zinc y un líquido eugenol, un aceite esencial que deriva del clavo de olor [31]. Algunos selladores ZOE contienen compuestos medicinales como el paraformaldehido es por ello que algunos autores los catalogan como fuertes agentes antimicrobianos, aunque en conjunto existe una evidencia contradictoria a largo plazo [32]. En la actualidad, los cementos ZOE continúan siendo utilizados por los profesionales debido a su bajo costo, fraguado lento, facilidad de uso y propiedades antimicrobianas importantes.

Cementos a base de hidróxido de calcio

Fueron introducidos en la década de 1980 debido a las características favorables puesto que es alcalino y antimicrobiano, cualidades esenciales para un cemento sellador terapéutico [33].

Se sabe que la función primordial de los cementos selladores es la estabilidad, las fugas, solubilidad y la adhesión son características esenciales que debe tener todo cemento sellador, sin embargo, el hidróxido de calcio no fragua y es soluble en agua, por ende, necesita una matriz de cementación, pero a menos que se libere los iones hidroxilo y calcio del cemento, este no tendrá los efectos antimicrobianos, por lo tanto, la característica antimicrobiana de estos cementos ha sido cuestionada [32,

[34]. Algunos estudios evidencian que son menos eficaces para matar microorganismos que los cementos selladores a base de resina y ZOE [35].

Cementos selladores a base de resina epóxica

Son cementos que tienen excelentes propiedades físicas, capacidad para formar un sello apical que proporciona resistencia a fugas y una excelente unión entre la gutapercha y las paredes del conducto radicular [11]. Dentro de las ventajas de los cementos selladores resinosos se incluyen: Propiedad antimicrobiana, tiempo de trabajo prolongado, facilidad de manipulación y adhesión. AH26 es un cemento a base de resina epoxi muy importante en este tipo de cementos, es conocido por sus excelentes propiedades fisicoquímicas como su baja contracción, estabilidad dimensional, capacidad de sellado, resistencia, adhesión a la dentina, radiopacidad y no es sensible a la humedad, puesto que fragua en presencia de agua [36]. Sin embargo, AH26 posee formaldehído, lo que lo convierte en un material citotóxico [30].

Cementos selladores a base de biocerámica

Estos cementos están compuestos por agregado trióxido mineral (MTA), basado en el cemento Portland, contiene polvos hidráulicos de silicato dicálcico y silicato tricálcico, introducido en la década de 1990 [27]. Poseen capacidad bioactiva porque liberan iones de manera constante que ayudan a formar hidroxiapatita [37]. Gracias a esta propiedad son utilizados como reparadores apicales, procedimientos pulpares, barreras apicales, etc... [38]. evidenciando una gran biocompatibilidad y una excelente capacidad de sellado.

Los cementos selladores endodónticos biocerámicos han ganado gran importancia y popularidad en la odontología actual gracias a sus numerables ventajas como:

Propiedad antibacteriana, estabilidad dimensional, capacidad de sellado, tolerancia a la humedad y por supuesto su biocompatibilidad [32]. También son conocidos como cementos biocerámicos hidráulicos, puesto que necesitan de agua u otro líquido para fraguar, es por ello que la humedad del conducto o los restos de las soluciones de irrigación pueden influir en la capacidad de fraguado del material [39] . La evidencia concluye que el uso de la solución irrigadora de hipoclorito de sodio potencia el efecto antimicrobiano de estos selladores, en cambio, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y clorhexidina pueden afectar negativamente en las propiedades de estos cementos [40,41] .

3.2.3 Propiedades

Solubilidad

La solubilidad es una propiedad química de la materia y se define como la pérdida de sustancia particulada. Según la norma ISO 6876:2012, la solubilidad de los cementos selladores endodónticos debe ser menor al 3% en agua destilada [42]. Algunos cementos tienen mayor o menor solubilidad que otros, pero todos cumplen esta condición. La solubilidad de cada cemento dependerá de la matriz, se ha demostrado que los cementos biocerámicos son los que tienen mayor solubilidad en comparación a los demás, esto debido a la formación de hidróxido durante su fraguado, el cual es altamente soluble en agua [43]. Dependiendo el medio en el que se coloca al cemento sellador endodóntico, la solubilidad puede desempeñar un papel indistinto en el material, es decir, para los retratamientos de conductos, es útil la solubilidad en un disolvente distinto al agua como el óleo de naranja [27].

Fluidez

Es una propiedad física de los líquidos que permite el desplazamiento progresivo de las sustancias. En la terapia endodóntica, la fluidez de un sellador determina su capacidad para alcanzar las irregularidades de un complejo sistema de conductos radiculares, un sellador que tenga una excelente fluidez, garantiza un llenado tridimensional completo y una excelente adaptación a las paredes del conducto, de lo contrario, se pueden generar espacios comprometiendo la integridad de la obturación [1]. Según la norma ISO 6876:2012 un cemento sellador endodóntico debe tener una fluidez mayor a 17 mm, esta capacidad de fluir también permite tener un mayor alcance bactericida del sellador hacia las bacterias residuales que persisten en los túbulos dentinarios.

Capacidad de sellado

Es una propiedad física que permite que los conductos radiculares tengan una hermeticidad ante cualquier microorganismo y/o sustancia. Se han publicado diversos artículos sobre microfiltración, sin embargo, resulta difícil realizar una comparativa entre los cementos porque la condición experimental para cada estudio fue diferente, se han utilizado diversos métodos para evaluar la microfiltración, uso de colorantes, filtración de fluidos, pruebas de fuga electroquímica, fuga microbiana, entre otras [27]. Los cementos a base de silicato tricálcico son defectuosos en los estudios de fuga de colorante porque absorben agua hasta llegar al fraguado, los cementos a base de resina epoxi pueden verse comprometidos debido a fugas producidas por la contracción de polimerización [44] . Se ha comprobado que tienen capacidad de sellado moderada y superior a los cementos a base de ZOE [45] .

Radiopacidad

Es una propiedad física que permite que el cemento sellador endodóntico sea visible en las radiografías postoperatorias, la calidad del relleno se encuentra relacionada con la radiopacidad del material, cuyo criterio siempre se utiliza como una medida del éxito o fracaso de la terapia de los conductos radiculares [42] . Sin embargo, estudios revelan que si bien un conducto puede verse con una radiopacidad óptima el tratamiento fracasó, eso indica que, la capacidad antimicrobiana y la integridad estructural son propiedades más importantes que la radiopacidad [46] .

Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado es el periodo que tarda un cemento en pasar de un estado fluido a un estado endurecido y es clínicamente importante durante la terapia endodóntica. Los tiempos de fraguado lentos permiten que el cemento sellador endodóntico penetre más fácilmente los túbulos dentinarios del sistema de conductos radiculares incluso después del tratamiento, por el contrario, se puede recomendar un tiempo de fraguado más rápido en situaciones donde se debe colocar un poste de fibra de vidrio o cuando la obturación debe completarse enseguida [27] . Sin embargo, el tiempo de fraguado puede variar según la composición del cemento, tamaño de partícula, manipulación en la mezcla, temperatura ambiente y humedad relativa [20] .

Norma ISO 6876:2012

Las normas ISO(Organización Internacional de Normalización) son elaboradas a través de los comités técnicos de ISO junto con organizaciones internacionales,

gubernamentales y no gubernamentales que, a través de un consenso del 75% de aprobación, publican las normas ISO como normas internacionales [47] .

La norma internacional ISO 6876:2012 especifica los métodos de ensayo y requisitos de los materiales que son utilizados para el sellado del sistema de conductos radiculares que fraguan con o sin ayuda de humedad con o sin ayuda de conos de obturación.

Dentro de las normas ISO se abarcan las siguientes propiedades físico-químicas: Fluidez, tiempo de trabajo, tiempo de fraguado, espesor de la película, solubilidad y radiopacidad, asimismo, establece una serie de métodos in vitro para desarrollar cada una de estas propiedades [47] .

3.3.-Definición de términos

Cementos hidráulicos: Son materiales a base de silicato de calcio, conocidos comúnmente como cementos de agregado trióxido mineral o colectivamente como cementos biocerámicos, liberan iones Ca^{+2} y OH^{-} y tienen la capacidad de formar apatita (bioactividad) [37].

Radiopacificadores: Son sustancias que al ser añadidas a los materiales dentales los hacen visibles en imágenes radiográficas, ejemplos: Óxido de bismuto, sulfato de bario y óxido de zirconio [48].

Estabilidad dimensional: Propiedad de los cuerpos a no variar en tamaño o forma, evita que los materiales puedan contraerse o expandirse en distintas direcciones [15].

Obturación : Paso de la terapia endodóntica que consiste en colocar un material biocompatible en los conductos radiculares [42].

Desecador de vidrio: Instrumento de laboratorio hermético que absorbe la humedad de las muestras [19].

3.4.-Hipótesis

Hipótesis general

Los cuatro cementos selladores endodónticos evaluados presentarán diferencias en sus propiedades físico-químicas conforme a ISO 6876:2012, de modo que cada uno mostrará ventajas en determinadas propiedades y limitaciones en otras, sin que exista un material superior en todos los parámetros evaluados.

Hipótesis específicas

1.-El sellador a base de resina epóxica mostrará menor solubilidad que los selladores a base de ZOE y $Ca(OH)_2$.

2.-. El sellador de óxido de zinc eugenol exhibirá mayor fluidez, pero mayor solubilidad en comparación con los demás.

3.-El sellador biocerámico presentará mayor radiopacidad que los demás materiales.

3.5.- Operacionalización de Variables

Variable		Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Tipo de cemento sellador endodóntico (Variable independiente)	**a)Óxido de zinc eugenol (tipo grossman)**	Es un cemento compuesto por un polvo blanco: óxido de zinc y un líquido: Eugenol.	Cemento endofill: Presentación: 1 Botella de polvo de 12 g, 1 botella de líquido de 10 mL y 1 manual de instrucciones.	Dosificación: 3 gotas de líquido x 1 porción de polvo hasta lograr consistencia de 2 cm antes de romperse	Nominal	No presenta
	b)Hidróxido de calcio-Resina	Es un cemento alcalino, antimicrobiano y soluble en contacto con el agua, por la naturaleza del hidróxido de calcio	Cemento Sealer 26 Presentación: Frasco de polvo de 8g y 1 tubo de polietileno de 9 g de resina y manual de instrucciones.	Dosis: Proporción promedio de 2 a 3 partes de polvo por 1 de resina por volumen.	Nominal	No presenta
	c)Resinoso	Es un cemento modificado con partículas de resina epóxica que le confiere resistencia y capacidad de adhesión.	Cemento viOseal Presentación: 1 jeringa doble de 10 g (base 5g-catalizador 5g), puntas de automezcla, block de mezcla y manual de instrucciones.	Dosis: 1 porción de base y 1 porción de catalizador.	Nominal	No presenta
	d)Biocerámico	Son cementos compuestos con agregado trióxido mineral (MTA) que le otorga una	Cemento KP-Root SP Presentación: 1 jeringa de 0.5 g con 5 puntas de aplicación y 1 manual de instrucciones	Dosis: Jeringa premezclada	Nominal	No presenta

		característica bioactiva.				
Propiedades físico-químicas Variable dependiente	**Solubilidad**	Propiedad química que tiene una sustancia (soluto) para disolverse en otra (solvente).	Grado de solubilidad	Balanza analítica	Continua	Porcentaje de masa perdida.
	Fluidez	Capacidad que tienen los líquidos para desplazarse progresivamente de un lugar a otro o de atravesar orificios pequeños.	Grado de fluidez	Vernier digital	Continua	Promedio de diámetros máximo y mínimo.
	Radiopacidad	Propiedad de los materiales de poder ser visualizados radiográficamente.	Grado de radiopacidad	Software Adobe Photoshop CS6	Continua	Escala de grises representada en mm Al.

IV.-METODOLOGÍA

4.1.-Diseño y tipo de investigación

La presente investigación tiene un **enfoque cuantitativo** porque la medición de las propiedades físico-químicas se obtuvo a través de resultados numéricos y estadísticos que se utilizaron para confirmar o descartar las hipótesis establecidas [49]. Es un estudio **no experimental in vitro** porque el investigador manipuló las variables. Es **comparativo** porque se buscó comparar el resultado de las variables. Es **analítico** porque según los resultados obtenidos se buscó encontrar asociación o diferencias entre las variables. Es de **corte transversal** porque las muestras y las mediciones de las variables se recogieron en un momento puntual en el tiempo [49].

4.2.-Población y muestra

El presente estudio no contó con una población, pero sí con una muestra porque se desarrolló en un laboratorio. Debido a que el método es no probabilístico, por conveniencia, se empleó 5 discos por cemento por cada prueba (solubilidad, fluidez y radiopacidad)= 15 por cada tipo de cemento sellador. Por lo que se utilizó un total de 60 unidades muestrales.

4.2.1 Cementos utilizados

1.-Cemento sellador endodóntico a base de óxido de zinc (Endofill)

Es un cemento sellador endodóntico a base de óxido de zinc con eugenol, fabricado en Brasil, tiene la composición típica del cemento tipo Grossman con una presentación polvo- líquido, el polvo está compuesto por óxido de zinc, resina hidrogenada, subcarbonato de bismuto, sulfato de bario y borato de sodio, el líquido está compuesto por eugenol, aceite de almendras, dulces y BHT, todos estos

compuestos le otorgan las siguientes características: Radiopacidad, tolerancia a tejidos periapicales, acción antiinflamatoria, antiséptica e impermeabilidad.

2.-Cemento sellador endodóntico a base de hidróxido de calcio y resina (Sealer 26)

Es un sellador a base de hidróxido de calcio en polvo y resina epoxi en pasta producido en Brasil, dentro de su composición, el polvo presenta: Hidróxido de calcio, trióxido de bismuto, urotropina y dióxido de titanio; el tubo, presenta resina epoxi. Los componentes le otorgan propiedades interesantes como: Buena biocompatibilidad, fácil manipulación, sellado hermético y una acción terapéutica gracias a que contiene hidróxido de calcio que le otorga propiedades antimicrobianas.

3.-Cemento sellador endodóntico a base de resina (viOseal)

Es un sellador a base de resina epóxica con presentación de jeringa doble con una proporción de 1:1 base y catalizador producido en Corea del Sur. Está compuesto por resina epóxica, catalizador de amina, relleno (óxido de zirconio, hidroxiapatita y fosfato beta-tricálcico). Los componentes le otorgan excelentes propiedades físicas, alta radiopacidad y biocompatibilidad.

4.-Cemento sellador endodóntico a base de biocerámica (KP-Root SP)

Es un sellador a base de biocerámica fabricado en China, posee un sistema de jeringa inyectable que contiene la pasta premezclada lista para ser aplicada al interior de los conductos. Está compuesto por polietilenglicol y rellenos inorgánicos (óxido de zirconio y silicatos de calcio dopados con estroncio, hidróxido de calcio y fosfato de calcio monobásico). Es un material poco soluble, radiopaco, no se

contrae durante el fraguado y libre de aluminio que requiere la presencia de agua para su endurecimiento y fraguado.

Tabla 1: Información sobre los cementos selladores endodónticos probados.

Cemento sellador	Fabricante	Composición	Proporciones
Endofill	Dentsply Sirona, Brasil	Polvo: Óxido de zinc, resina hidrogenada, sulfato de bario y borato de sodio. Líquido: Eugenol, aceite de almendras, dulces y BHT.	3 gotas de líquido y polvo hasta lograr consistencia ≥ 2 cm antes de romperse.
Sealer 26	Dentsply Sirona, Brasil	Polvo: Hidróxido de calcio, trióxido de bismuto, urotropina y dióxido de titanio. Tubo: Resina epoxi.	2 a 3 partes de polvo por 1 parte de resina epoxi.
ViOseal	Spident, Corea del Sur	Pasta-Pasta: Resina epóxica, catalizador de amina y relleno de óxido de zirconio, hidroxiapatita, y fosfato beta-tricálcico.	1:1 Base-catalizador
KP-Root SP	Woodpecker Medical, China	Pasta premezclada: Polietilenglicol, óxido de zirconio, silicatos de calcio con estroncio e hidróxido de calcio.	Aplicación directa

Fuente: Creación propia

4.2.2 Cantidad utilizada para cada prueba

Para medir la solubilidad de los cuatro cementos selladores endodónticos se contaron con 5 muestras de cada cemento por lo que se utilizaron 20 unidades muestrales.

Para medir la fluidez de los cuatro cementos selladores endodónticos se contaron con 5 muestras de cada cemento por lo cual se utilizaron 20 unidades muestrales.

Para determinar la radiopacidad de los cuatro cementos selladores endodónticos se contaron con 5 muestras de cada cemento por lo cual se utilizaron 20 unidades muestrales.

En total se contó con 60 unidades muestrales.

a) Criterios de inclusión

- Muestras de los selladores con similares dimensiones para que permita valorarlos (homogeneidad).
- Muestras sin burbujas.
- Las muestras de todos los cementos fueron elaboradas de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

b) Criterios de exclusión

- Muestras con burbujas
- Muestras que no tengan las dimensiones establecidas
- Muestras que no hayan fraguado

Aleatorización: No se realizó ningún método de aleatorización de las muestras antes de la asignación a los operadores porque según las directrices PRILE 2021 (Preferred Reporting Items for Laboratory studies in Endodontology) [50].La

aleatorización de las muestras no es necesaria en experimentos tales como la solubilidad, fluidez y radiopacidad, puesto que se utilizarán muestras homogéneas en cada una de las pruebas.

4.3.-Procedimientos y técnicas

4.3.1 Confección de las muestras en forma de discos

Con la finalidad de estandarizar las muestras se envió a confeccionar arandelas metálicas en forma de discos con las medidas estipuladas por la norma ISO 6876:2012 (Figura 1). Dentro de ellas se colocaron los cementos selladores endodónticos, los cuales se mezclaron siguiendo las indicaciones de los fabricantes hasta que terminen de fraguar por completo, se retiró y se pulieron con la finalidad de no dejar irregularidades no deseadas.



Figura 1: Moldes para las muestras (Ramos, 2026)

Se confeccionaron un total de 60 discos de cemento sellador endodóntico, 15 discos de Endofill, 15 discos de Sealer 26, 15 discos de viOseal y 15 discos de KP Root SP.

Las dimensiones de los discos fueron establecidas siguiendo las medidas estandarizadas establecidas por la norma ISO 6876:2012.

Para la prueba de solubilidad, las dimensiones de los discos son de 1,5 mm de grosor y 10 mm de diámetro en base a una modificación de la norma ISO 6876:2012. La modificación consistió en la reducción del tamaño de los discos y del volumen del líquido en un 50%. Esta modificación se realizó siguiendo un estudio previo con la finalidad de disminuir la cantidad de material utilizado [51].

Para la prueba de radiopacidad, los discos son de 1 mm de grosor y 10 mm de diámetro tal como lo estipula la norma ISO 6876:2012.

4.3.2 Determinación de la solubilidad

La solubilidad se realizó siguiendo los parámetros de la norma ISO 6876:2012 [47] y en base estudio previo [51]. Se prepararon moldes en forma de discos (Ø 10 mm, espesor 1,5 mm; n=5 por material) y se colocaron en una incubadora por 48 horas a 37 °C y 99 % HR con un tiempo de 50% más al tiempo de fraguado estipulado por los fabricantes. Las muestras se pulieron con la finalidad de eliminar asperezas e irregularidades no deseadas. Las muestras fueron pesadas (Wi) utilizando una balanza analítica con precisión de 0,001 g. Posteriormente, cada par de muestras se colocaron en cajas petri con 25 mL de agua destilada y se colocaron nuevamente en la estufa a 95% de humedad durante 24 horas. Pasado ese tiempo las muestras fueron enjuagadas con 3 mL dentro de la caja petri para eliminar el material residual y se colocaron en un desecador de vidrio con gel de sílice como desecante durante 24 horas. Finalmente, las muestras se pesaron nuevamente en la balanza analítica (Wf). Se registró la pérdida de masa (%): [(Wi − Wf)/Wi] ×100. Criterio: ≤ 3% según la norma ISO [47] .

4.3.3 Determinación de la fluidez

La fluidez se determinó siguiendo los parámetros de la norma ISO 6876:2012 [47] .

La prueba fue realizada por dos operadores sin seguir un orden aleatorizado. Un mismo operador mezcló 0,05 mL de cemento sellador y se colocó en el centro de una platina de vidrio con ayuda de una jeringa calibrada, el tiempo transcurrido entre la mezcla del material y el inicio de cada prueba fue aproximadamente 30 segundos, 180 s después se colocó la siguiente platina de vidrio de 20 g y una carga de 100 g, alcanzando un peso de 120 g. Después de 10 minutos se retiró la carga, se observó una figura circunferencial del sellador. Con la ayuda de un vernier digital calibrado y sin que el operador conozca la identidad del cemento, se midió el diámetro máximo y mínimo, diámetros perpendiculares, los diámetros no deben diferir por más de 1 mm, entonces, se realizó una media de los diámetros para determinar la fluidez, fluidez >17 mm según norma ISO, el procedimiento se repitió 5 veces por cada cemento sellador endodóntico.

4.3.4 Determinación de la radiopacidad

La radiopacidad de los cementos endodónticos se determinó según la norma ISO 6876/2012 [47]. Se prepararon moldes en forma de discos (Ø 10 mm, espesor 1 mm; n=5 por material) fraguados a 37 °C y 99 % HR. Para determinar la radiopacidad en mm Al se envió a confeccionar una matriz de aluminio con las siguientes características: Pureza de aluminio superior al 99%, incrementos de 1mm y con una escala del 1 al 10, dimensiones 20 x 50 mm y calibrada con paquímetro mitutoyo con precisión de 10 µm (OMT 161, Odeme, Santa Catarina, Brasil). Las muestras fraguadas fueron colocadas sobre un sensor junto con la matriz de aluminio y fueron sometidas a radiación utilizando el equipo radiográfico FIAD explor X, la distancia foco-sensor fue de aproximadamente 30 cm con un tiempo de exposición de 0.3s a 70 kVp y 8–10 mA. Las imágenes TIFF se analizaron utilizando el software Adobe

photoshop CS6 generando una curva de calibración (grises → mm Al). El software nos proporcionó los valores gris en cada pixel, en una escala que va desde 0 (negro absoluto) a 255 (blanco absoluto). La selección de píxeles a analizar se determinó mediante una herramienta del propio software que selecciona la parte central de cada imagen. La prueba se realizó con repetición de mediciones e ICC intra/interexaminador, sin embargo, los operadores sabían la identidad de los selladores, para futuras réplicas se recomienda la colocación de códigos que oculten la identidad del sellador.

Para encontrar el equivalente en mm Al se utilizó una ecuación utilizada en un estudio previo [52]. (Anexo 7)

$$\frac{A-B}{A-C} + mm\ Al = ___\ mm\ Al$$

A: Píxeles del escalón de mm Al superior al de la muestra

B: Valor en pixeles de la muestra

C: Pixeles del escalón de mm Al inferior al de la muestra

mm Al: Valor del escalón de Al más cercano a la muestra

Criterio de aceptación según norma ISO 6876:2012: ≥ 3 mm Al [18,47] .

4.4.-Procesamiento y análisis de datos

Se verificó normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Si los supuestos se cumplen: ANOVA de un factor (material) con comparaciones múltiples de Tukey. Si no se cumplen: prueba de Kruskal–Wallis con corrección de Dunn–Bonferroni. Se reportaron medias ± DE, IC95 % . Nivel de significancia: $p < 0.05$.

V.-RESULTADOS

Los datos recopilados se analizaron inicialmente para comprobar la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, se comprobaron normalidad y homocedasticidad de varianzas para los resultados de las pruebas de solubilidad y fluidez. Los datos obtenidos en la prueba de radiopacidad no mostraron normalidad ni homocedasticidad de varianzas. Limitación, con n=5 por grupo, la prueba de Shapiro-Wilk tiene muy poca potencia para detectar desviaciones de normalidad, se recomienda aumentar el “n” para futuras réplicas.

Posteriormente, se aplicó las pruebas ANOVA de un factor a las muestras seguida de comparaciones múltiples con la prueba post hoc HSD de Tukey (paramétricas: Solubilidad y fluidez), cuyos valores se expresaron como media, IC95% y desviación estándar. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn-Bonferroni (no paramétrica: Radiopacidad), cuyos valores se expresaron como mediana y rangos (mínimo y máximo). Independientemente de la prueba aplicada, el nivel de significancia se estableció en p <0,05.

Tabla 2: Valores de solubilidad y fluidez (media, IC95% y DE de los cementos evaluados)

Propiedad	Solubilidad (%)			Fluidez (mm)		
Cemento sellador	Media	IC95% (Li-Ls)	DE	Media	IC95% (Li-Ls)	DE
Endofill	2,02 [a]	(1,61-2,42)	± 0,32	28,533 [a]	(26,604-30,461)	± 1,55
Sealer 26	0,71 [b]	(0,30-1,11)	± 0,32	18,188 [b]	(17,496-18,879)	± 0,55
ViOseal	0,42 [b]	(0,19-0,81)	± 0,31	20,998 [c]	(20,351-21,644)	± 0,52
KP Root SP	0,99 [b]	(0,62-1,35)	± 0,29	22,873 [d]	(22,391-23,354)	± 0,38

n=5	F solubilidad= 24,204	F fluidez= 121,435
p solubilidad<0,001	gl solubilidad= 3	gl fluidez= 3
p fluidez<0,001	n^2 solubilidad= 0,872	n^2 fluidez= 0,962

Fuente: Creación propia

Análisis de varianza unidireccional ANOVA y prueba post hoc HSD de Tukey

[a,b,c,d] Las distintas letras en superíndice representan diferencias significativas entre los grupos (p<0,05)

La tabla 2 presenta los resultados de la solubilidad y fluidez de los cuatro cementos selladores endodónticos. En cuanto a la solubilidad, se obtuvo que Endofill (2,02%) presentó valores medios significativamente más altos de solubilidad a las 24h en relación a Sealer 26 (0,71%), viOseal (0,42%) y KP Root SP (0,99%) (p<0,05) quienes no mostraron diferencias significativas entre ellos (p>0,05), puesto que todos están ampliamente por debajo del límite de 3%. En cuanto a fluidez, se obtuvo que los cuatro cementos presentan diferencias estadísticamente significativas

(p<0,05) , Endofill (28,533 mm), Sealer 26 (18,188 mm), viOseal (20,998 mm) y KP Root SP (22, 873 mm).

Tabla 3: Valores de radiopacidad (medianas y rangos de los cementos evaluados)

Propiedad	Radiopacidad (mm Al)	
Cemento sellador	Mediana	Rangos (Mínimo-Máximo)
Endofill	7,03 [a]	(6,54-7,82)
Sealer 26	7,17 [a]	(6,53-7,49)
ViOseal	8,23 [b]	(8,05-8,73)
KP Root SP	7,73 [ab]	(7,61-7,83)
n=5		gl=3
p=0,002		n^2 =0,922
H=14,520[a]		

Fuente: Creación propia

Análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y prueba post hoc de Dunn-Bonferroni.

[a,b] Las distintas letras en superíndice representan diferencias significativas entre los grupos (p<0,05)

[ab] Representa que no hay diferencias significativas con los demás grupos (p>0,05)

La tabla 3 presenta los valores de radiopacidad de los cuatro cementos selladores endodónticos. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de radiopacidad de viOseal (8,23 mm) en comparación a Endofill (7,03 mm) y Sealer 26 (7,27 mm) quienes mostraron una radiopacidad estadísticamente similar (p>0,05) . En cuanto a KP Root SP (7,73 mm), no se evidenció diferencias estadísticamente significativas en relación a los demás cementos (p>0,05)

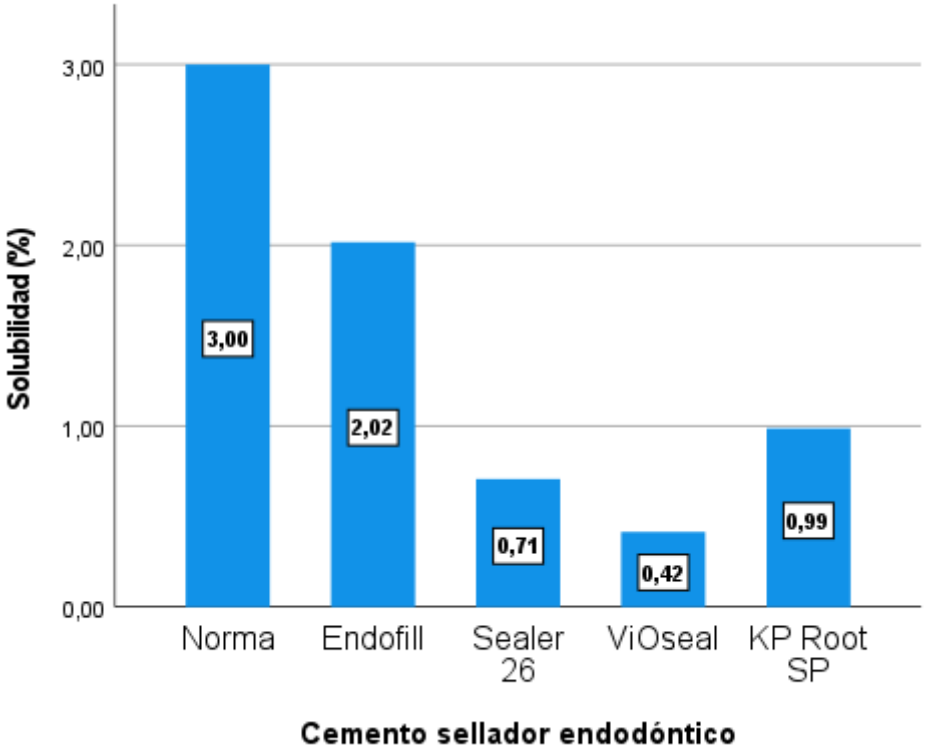


Gráfico 1: Valor medio de solubilidad de los cementos vs norma ISO 6876:2012

Al realizar la comparación de las medias de solubilidad a las 24 h de inmersión en agua destilada, se evidencian diferencias significativas entre los cementos selladores endodónticos, siendo el cemento Endofill el más soluble. Asimismo, se observó que viOseal obtuvo los valores de solubilidad más bajos a las 24 h, pero sin mostrar diferencias significativas con los selladores Sealer 26 y KP Root SP. Todos los cementos cumplieron con la norma ISO 6876:2012, la solubilidad del sellador no debe ser > 3% de la masa.

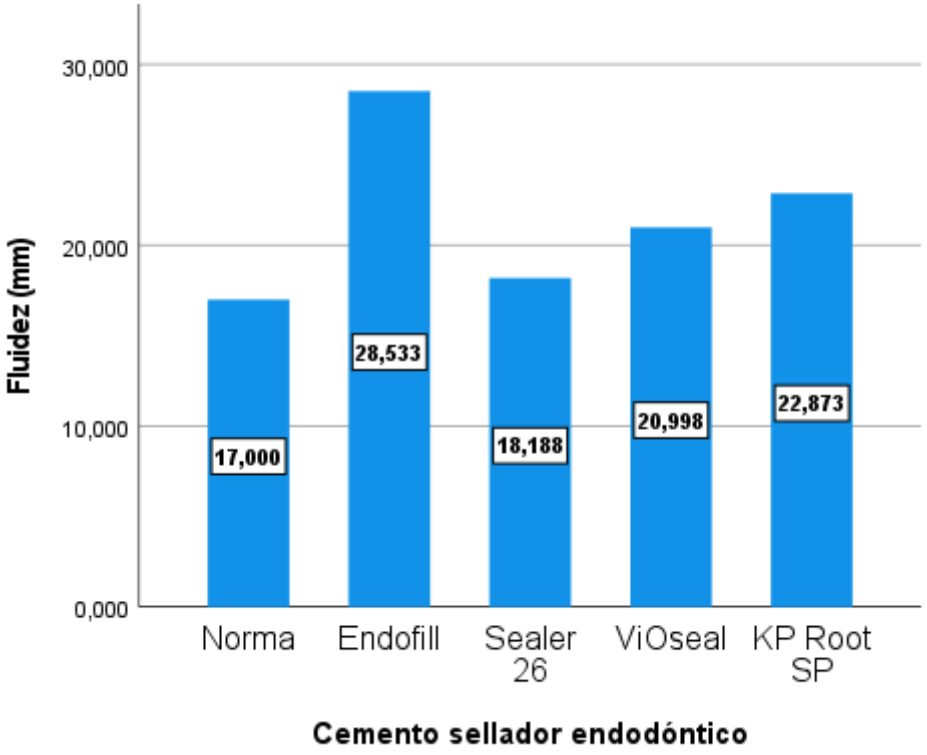


Gráfico 2: Valor medio de fluidez de los cementos vs norma ISO 6876:2012

Al realizar la comparación de las medias de fluidez, se evidencian diferencias significativas entre los cementos selladores endodónticos, siendo el cemento Endofill el que presenta mayor grado de fluidez. Asimismo, se observó que el cemento Sealer 26 obtuvo los valores de fluidez más bajos. Todos los cementos cumplieron con la norma ISO 6876:2012, la fluidez del sellador no debe tener un diámetro menor a 17 mm tras la realización de la prueba.

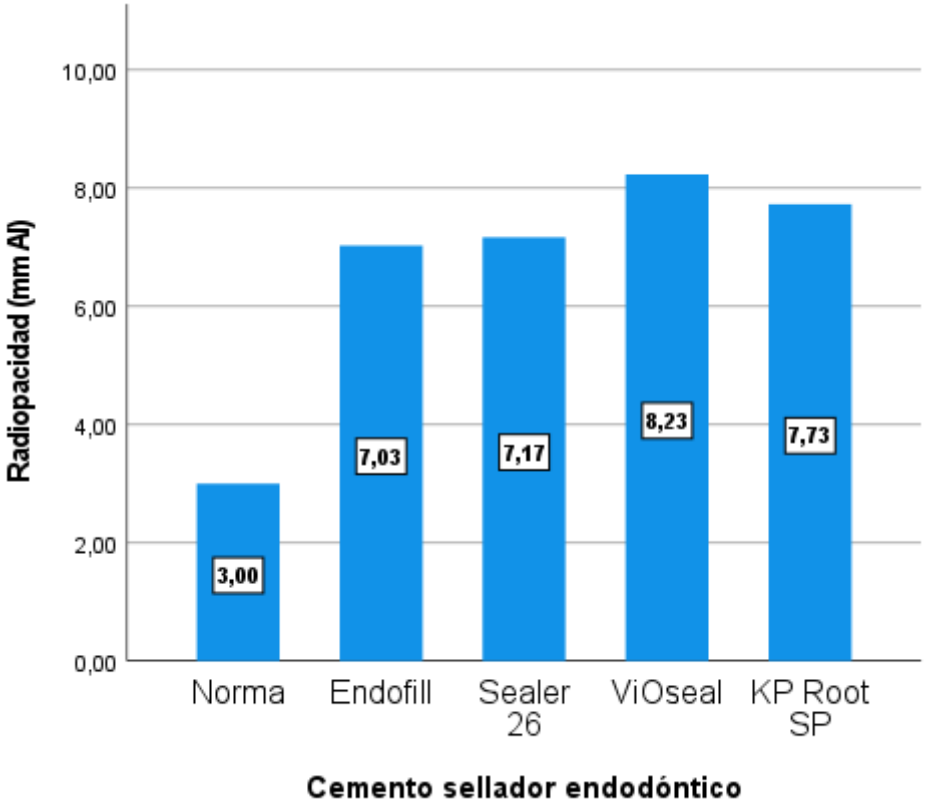


Gráfico 3: Valor medio de radiopacidad de los cementos vs norma ISO 6876:2012

Al realizar la comparación de las medias de radiopacidad, se evidencian diferencias significativas entre los cementos selladores endodónticos, siendo el cemento viOseal el más radiopaco. Asimismo, se observó que el cemento Endofill obtuvo los valores de radiopacidad más bajos. Todos los cementos cumplieron con la norma ISO 6876:2012, la radiopacidad del sellador no debe ser < 3 mm Al.

VI.-DISCUSIÓN

La determinación de la solubilidad se basó según la metodología de un estudio previo con muestras de dimensiones menores propuestas por la norma ISO 6876:2012 [47,51]. Según esta norma, la solubilidad se determina mediante una diferencia de masa en gramos, entre antes y después de la inmersión en agua destilada, sin embargo, tiene limitaciones que pueden influir en los resultados. La diferencia de masa puede no ser suficiente para el análisis volumétrico cuando estamos frente a selladores hidrófilos como los cementos a base de silicato, puesto que han demostrado un aumento de masa en la determinación de la solubilidad [53]. Asimismo, según la norma, la solubilidad se determina en un tiempo de 24 h, siendo en ocasiones insuficiente para dar resultados concluyentes.

Respecto a los resultados obtenidos en esta investigación sobre el sellador KP Root SP la solubilidad a las 24h de sumersión en agua destilada fue de 0,99%, fluidez 22,873 mm y radiopacidad 7,73 mm Al. Estos resultados son comparables con los de He X et al [54]. Donde evaluaron las propiedades físico-químicas de este nuevo sellador biocerámico a base de silicato de calcio. Obtuvieron que la solubilidad fue de 1,41% a las 24 h, fluidez 27,47 mm y radiopacidad > 6 mm Al. Ambos estudios demuestran que el cemento KP Root Sp cumple lo establecido por la norma ISO en las pruebas de solubilidad <3 %, fluidez > 17 mm y radiopacidad > 3 mm Al, siendo una excelente opción para la terapia endodóntica.

Del mismo modo en la presente investigación se analizaron los resultados obtenidos y se observó que el cemento Endofill (2,02%) obtuvo el mayor porcentaje de solubilidad y el sellador viOseal (0,42%) el que obtuvo los resultados de solubilidad más bajos, estos resultados son similares a los que obtuvieron Poggio C et al [43]. que

mediante un estudio comparativo evaluaron la solubilidad de dos cementos a base de ZOE (Endomethasone C y Argoseal), dos a base de hidróxido de calcio (Bioseal y Acroseal) y dos a base de resina epóxica (AH Plus y MM Seal) donde se evidenció que los cementos a base de hidróxido de calcio Bioseal (0,85%) y Acroseal (0,81%) tuvieron los resultados de solubilidad más altos, seguidos de a base de ZOE Endomethasone C (0,73%) y Argoseal (0,77%), finalmente, los resultados más bajos de solubilidad fueron los resinosos considerándose prácticamente insolubles a las 24 h de inmersión en agua destilada MM Seal (0,38%) y AH Plus (0,32%). Ambas investigaciones demuestran la baja solubilidad de los selladores a base de resina epoxi siendo una excelente opción en la terapia endodóntica gracias a esta propiedad física.

La radiopacidad es una propiedad importante dentro de los selladores endodónticos puesto que permite la visualización y evaluación radiográfica. Con la finalidad de establecer diferencias estadísticamente significativas en la radiopacidad de los selladores, se analizaron los resultados obtenidos en esta investigación encontrándose que el cemento a base de resina epóxica viOseal (8,23 mm Al) obtuvo los valores de radiopacidad más altos seguido del biocerámico KP Root SP (7,73 mm Al). Estos resultados son similares a los estudios de Demirci et al [55]. que analizaron la radiopacidad de diferentes cementos selladores obteniendo que los cementos a base de resina epoxi Adseal (8,39 mm Al) y Syntex (8,85 mm Al) obtuvieron radiopacidades muy similares y el cemento bioactivo Guttaflow Bioseal (8,87 mm Al). En la parte clínica estos resultados son fundamentales para determinar la calidad de la obturación, en los casos de retratamiento, un sellador de baja radiopacidad puede pasar desapercibido en la radiografía, por lo tanto, su

eliminación puede ser incompleta. En consecuencia, la utilización de selladores con una buena radiopacidad puede ayudar a los profesionales a disminuir las desventajas mencionadas anteriormente.

En otra investigación Azhar et al [56]. Evaluaron la radiopacidad de materiales a base de silicato de calcio y resina epoxi siguiendo las normas ANSI/ISO con la finalidad de determinar la efectividad de los selladores para cumplir con los estándares solicitados en el uso clínico. La investigación concluyó que el cemento a base de resina epoxi AH Plus obtuvo los valores de radiopacidad más altos (9,06 mm Al), seguido de Apexit plus (6,38 mm Al) y el sellador biocerámico Fillapex (6,14 mm Al). Por lo tanto se concluye que la radiopacidad del sellador a base de resina epoxi AH plus es el que tiene mayor grado de radiopacidad en comparación a los demás. Estos resultados son compatibles con los obtenidos en el presente estudio donde el cemento a base de resina epoxi viOseal obtuvo los valores de radiopacidad más altos seguido del biocerámico KP Root SP. Concluyendo que los cementos a base de resina tienen grados de radiopacidad más altos en comparación con otros selladores.

En otro estudio Sarraf P et al [57]. compararon la solubilidad, fluidez y radiopacidad de 3 selladores a base de resina epoxi. Evidenciaron que los 3 cementos obtuvieron resultados similares en cuanto a solubilidad Adseal 0,07%, RCS Beta 0,6% y AH26 0,1%, en cuanto a fluidez los resultados también fueron similares Adseal 22,5 mm, RCS Beta 23,06 mm y AH26 21,85 mm. En cuanto a radiopacidad los resultados fueron superiores a 3 mm Al. Estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación donde el cemento viOseal obtuvo los valores más altos de

radiopacidad (8,23 mm Al), más bajos de solubilidad (0,42%) y grado de fluidez superior al de la norma ISO (20,998 mm).

En el trabajo de investigación de Singbal K et al [58]. Evaluaron las propiedades físico-químicas de un nuevo sellador a base de ZOE (EssenSeal ®) y lo compararon con otros selladores, uno a base de hidróxido de calcio (Hydrosealer), biocerámica (Roeko Guttaflow) y resinoso (AH plus). Determinaron que EssenSeal ® obtuvo los valores más altos de fluidez (22,55 mm) y solubilidad (3,66%), el cemento resinoso AH plus obtuvo los valores más altos de radiopacidad (10 mm Al) a comparación de EssenSeal ® (6,8 mm Al). Estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, donde Endofill obtuvo los valores más altos de fluidez (28,53 mm Al), solubilidad (2,02%) y radiopacidad (7,03 mm Al). La fluidez es una propiedad fundamental para penetrar y completar las irregularidades de un complejo sistema de conductos con conductos laterales, accesorios e istmos, no obstante, es necesario controlar el riesgo de extrusión del sellador hacia los tejidos periapicales para evitar causar inflamación e irritación de los tejidos perirradiculares [59].

Existen diversos factores que pueden condicionar la diferencia de resultados entre los estudios, tal como lo mencionan Cardinali F et al [42]. La presentación del sellador, algunos se presentan en formato de jeringa única, tal es el caso de los cementos hidráulicos, otros con sistema de automezcla y otros en formulaciones polvo/líquido, en el presente estudio se contó con los 3 formatos mencionados anteriormente. Radiopacificador, los selladores contienen una gama de radiopacificadores como óxido de bismuto, óxido de zirconio, tungstato de calcio, etc… tal que algunos superan el 50% en cantidad de relleno. Presencia de silicato tricálcico o dicálcico en

los selladores hidráulicos, la cantidad presente (carga baja, media y alta) interviene en la solubilidad del sellador.

Por último, la presente investigación se centra en el análisis de algunas propiedades físico-químicas: Solubilidad, fluidez y radiopacidad, sin embargo, el éxito del tratamiento de conductos no solo se limita al uso de materiales o técnicas específicas, tal como lo demuestra Cardinali F et al [42]. Quienes mencionan que las propiedades biológicas, químicas y las interacciones de los materiales de los selladores juegan un rol importante, destacan la bioactividad de los cementos hidráulicos basada en la liberación continua de calcio y que está relacionada con la actividad antimicrobiana al aumentar el pH del sustrato. Otro ejemplo es la calidad de obturación, generalmente relacionada con la radiopacidad, a pesar de esto, aunque los conductos radiculares muestren una radiopacidad óptima, el tratamiento, no obstante, fracasa. Lo que indica que el sellado tridimensional y las características antimicrobianas de los selladores son más importantes que la radiopacidad.

VII.-CONCLUSIONES

El cemento sellador Endofill fue el que presentó un mayor porcentaje de solubilidad con diferencias estadísticamente significativas frente a Sealer 26, viOseal y KP Root SP. En esta prueba, los cementos Sealer 26, viOseal y KP Root SP presentaron un porcentaje mínimo de solubilidad, muy por debajo de lo permitido por la norma ISO 6876:2012.

Los cuatro cementos selladores obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la fluidez, sin embargo, el sellador a base de ZOE, Endofill, obtuvo los valores más altos de fluidez, lo que demuestra su capacidad de escurrimiento a través de las irregularidades del sistema de conductos. El cemento Sealer 26 es el que obtuvo los valores de fluidez más bajos, demostrando alta viscosidad.

El cemento sellador viOseal fue el que presentó mayor grado de radiopacidad con diferencias estadísticamente significativas en comparación a los demás, seguido del sellador biocerámico KP Root SP, por ende, su mayor radiopacidad puede facilitar la visualización radiográfica del sellador, sin que esta propiedad por sí sola permita determinar la calidad de la obturación.

VIII.- RECOMENDACIONES

Ampliar el tamaño de las muestras y a la vez ampliar los tiempos de exposición de las unidades muestrales en la prueba de solubilidad a fin de establecer semejanzas o diferencias estadísticamente significativas y mostrando resultados más concluyentes.

A los investigadores se sugiere leer de forma detallada el tiempo y modo de fraguado de los cementos selladores porque no todos necesitan las mismas condiciones para fraguar.

Seguir las indicaciones de cada fabricante a fin de estandarizar y disminuir los sesgos durante la manipulación y mezcla de las unidades muestrales.

IX.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.-Chandak M, Patel A, Patel S, Agrawal P, Chandak R, Ikhar A. Clinical utility index for root canal sealers. BMC Oral Health. 2024 Oct 21;24(1):1258. doi: 10.1186/s12903-024-05047-2.

2.-Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1998 Jan;31(1):1-7. PMID: 9823122.

3.- Markvart M, Darvann TA, Larsen P, Dalstra M, Kreiborg S, Bjørndal L. Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. Int Endod J. 2012 Mar;45(3):273-81. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01972.x.

4.- El Sayed MA, Taleb AA, Balbahaith MS. Sealing ability of three single-cone obturation systems: An in-vitro glucose leakage study. J Conserv Dent. 2013 Nov;16(6):489-93. doi: 10.4103/0972-0707.120936.

5.- Kikly A, Jaâfoura S, Kammoun D, Sahtout S. Sealing Ability of Endodontic Cements: An In Vitro Study. Int J Dent. 2020 Feb 13;2020:5862598. doi: 10.1155/2020/5862598.

6.- Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. J Endod. 2009 Feb;35(2):261-4. doi: 10.1016/j.joen.2008.11.007.

7.- Candeiro GTM, Lavor AB, Lima ITF, Vasconcelos BC, Gomes NV, Iglecias EF, Gavini G. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. Braz Oral Res. 2019 May 27;33:e049. doi: 10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0049.

8.- Öter B, Topçuog Lu N, Tank MK, Çehreli SB. Evaluation of Antibacterial Efficiency of Different Root Canal Disinfection Techniques in Primary Teeth. Photomed Laser Surg. 2018 Apr;36(4):179-184. doi: 10.1089/pho.2017.4324.

9.- Shin JH, Lee DY, Lee SH. Comparison of antimicrobial activity of traditional and new developed root sealers against pathogens related root canal. J Dent Sci. 2018 Mar;13(1):54-59. doi: 10.1016/j.jds.2017.10.007.

10.- Palanivelu CR, Ravi V, Sivakumar AA, Sivakumar JS, Prasad AS, Arthanari KK. An *In Vitro* Comparative Evaluation of Distribution of Three Different Sealers by Single-Cone Obturation Technique. J Pharm Bioallied Sci. 2019 May;11(Suppl 2):S438-S441. doi: 10.4103/JPBS.JPBS_64_19.

11.- Rathi CH, Manoj Chandak, Pradnya Nikhade, Nikhil Mankar, Jaiswal A. Functions of Root Canal Sealers- A Review. Journal of Evolution of Medical and

Dental Sciences [Internet]. 2020 Apr 27;9(17):1454–8. doi: 10.14260/jemds/2020/317

12.- Kumar NS, Palanivelu A, Narayanan LL. Evaluation of the apical sealing ability and adaptation to the dentin of two resin-based Sealers: An in vitro study. J Conserv Dent. 2013 Sep;16(5):449-53. doi: 10.4103/0972-0707.117518.

13. Ayer A, TR Manandhar, Agrawal N, Mannu Vikram, Pramita Suwal. A comparative study of apical microleakage of different root canal sealers by apical dye penetration. Bangladesh Journal of Medical Science [Internet]. 2017 Mar 23;16(2):219.doi:10.3329/bjms.v16i2.23421

14.- Duarte MAH, Marciano MA, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. Braz Oral Res. 2018 Oct 18;32(suppl 1):e70. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0070.

15.- Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. J Appl Oral Sci. 2017 Jul-Aug;25(4):374-380. doi: 10.1590/1678-7757-2016-0454.

16.- Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Chavez-Andrade GM, Tanomaru Filho M. Solubility, porosity and fluid uptake of calcium silicate-based cements. J Appl Oral Sci. 2018;26:e20170465. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0465.

17.- Eren SK, Örs SA, Aksel H, Canay Ş, Karasan D. Effect of irrigants on the color stability, solubility, and surface characteristics of calcium-silicate based cements. Restor Dent Endod. 2022 Feb 10;47(1):e10. doi: 10.5395/rde.2022.47.e10.

18.- Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. Int J Mol Sci. 2022 Nov 11;23(22):13914. doi: 10.3390/ijms232213914.

19.- Camilleri J, Wang C, Kandhari S, Heran J, Shelton RM. Methods for testing solubility of hydraulic calcium silicate cements for root-end filling. Sci Rep. 2022 May 2;12(1):7100. doi: 10.1038/s41598-022-11031-z

20.-Cassiano Ferraz D, Garuba Rahhal J, Paz Dotto ME, Alberti Ferreira L, Sipert CR, Letra A, Menezes Silva R, Chaves de Souza L. Physicochemical and Biological Properties of Biodentine XP, Endosequence RRM, and Bio-C Repair Cements. J Endod. 2025 Apr 9:S0099-2399(25)00186-4. doi: 10.1016/j.joen.2025.03.009.

21.-Sen HG, Helvacioglu-Yigit D, Yilmaz A. Radiopacity evaluation of calcium silicate cements. BMC Oral Health. 2023 Jul 15;23(1):491. doi: 10.1186/s12903-023-03182-w.

22.-Luna-Cruz SM, Aguiar BA, Fechine PBA, Duarte MAH, Vasconcelos BC, Mendonça JS. Physicochemical properties of silicate tricalcium-based cement for use as pulp capping or repair material. Braz Oral Res. 2024 Dec 20;38:e136. doi: 10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0136.

23.-Raman V, Camilleri J. Characterization and assessment of physical properties of 3 single syringe hydraulic cement-based sealers. J Endod. 2024 Mar;50(3):381-388. doi: 10.1016/j.joen.2024.01.001

24.-Batista LCN, Crivelari JM, Pegoraro JVDC, Janini ACP, Marciano MA, Lopes CS, Ala Rachi M, Abu Hasna A, Guimarães BM. Physicochemical evaluation of mineral trioxide aggregate and five mineral oxides calcium silicate-based cements. BMC Oral Health. 2025 Jul 2;25(1):1056. doi: 10.1186/s12903-025-06428-x.

25.-Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. J Dent. 2014 Mar;42(3):336-50. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.013.

26.- Jardine AP, Rosa RA, Santini MF, Wagner M, Só MV, Kuga MC, Pereira JR, Kopper PM. The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. Clin Oral Investig. 2016 Jan;20(1):117-23. doi: 10.1007/s00784-015-1474-8.

27.- Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mater J. 2020 Sep 29;39(5):703-720. doi: 10.4012/dmj.2019-288.

28.- Gutmann J, Manjarrés V. Historical and contemporary perspectives on the microbiological aspects of endodontics. Dentistry Journal. 2018 Sep 22;6(4):49. doi: 10.3390/dj6040049

29.-Sureshchandra B, Velayutham Gopikrishna. Grossman's Endodontic Practice - 13th edition [Internet]. ResearchGate. Wolters Kluwer Health; 2014.

30.- Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. Int Endod J. 2002 Feb;35(2):153-8. doi: 10.1046/j.1365-2591.2002.00459.x.

31.- Fujisawa S, Murakami Y. Eugenol and its role in chronic diseases. Adv Exp Med Biol. 2016;929:45-66. doi: 10.1007/978-3-319-41342-6_3.

32.- Fristad I, Haug S, Bårdsen A. Biological properties versus solubility of endodontic sealers and cements. Biomater Investig Dent. 2024 Jun 4;11:40863. doi: 10.2340/biid.v11.40863.

33.- Staehle HJ, Spiess V, Heinecke A, Müller HP. Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide on the alkalinity of root dentin. Endod Dent Traumatol. 1995 Aug;11(4):163-8. doi: 10.1111/j.1600-9657.1995.tb00480.x.

34.- Cox CF, Suzuki S. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization. J Am Dent Assoc. 1994 Jul;125(7):823-31. doi: 10.14219/jada.archive.1994.0205.

35.- Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of Enterococcus faecalis in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. Int Endod J. 2004 Mar;37(3):193-8. doi: 10.1111/j.0143-2885.2004.00785.x.

36.- Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. Int Endod J. 2007 Nov;40(11):873-81. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01307.x.

37.- Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. J Appl Biomater Funct Mater. 2015 Jan-Mar;13(1):43-60. doi: 10.5301/jabfm.5000201.

38.- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. J Endod. 2010 Jan;36(1):16-27. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.006.

39.- Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. J Endod. 2015 Jan;41(1):111-24. doi: 10.1016/j.joen.2014.09.015.

40.- Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Interfacial Characteristics and Cytocompatibility of Hydraulic Sealer Cements. J Endod. 2018 Jun;44(6):1007-1017. doi: 10.1016/j.joen.2017.11.011.

41.- Kapralos V, Rukke HV, Ørstavik D, Koutroulis A, Camilleri J, Sunde PT. Antimicrobial and physicochemical characterization of endodontic sealers after exposure to chlorhexidine digluconate. Dent Mater. 2021 Feb;37(2):249-263. doi: 10.1016/j.dental.2020.11.011.

42.- Cardinali F, Camilleri J. A critical review of the material properties guiding the clinician's choice of root canal sealers. Clin Oral Investig. 2023 Aug;27(8):4147-4155. doi: 10.1007/s00784-023-05140-w.

43.- Poggio C, Arciola CR, Dagna A, Colombo M, Bianchi S, Visai L. Solubility of root canal sealers: a comparative study. Int J Artif Organs. 2010 Sep;33(9):676-81. doi: 10.1177/039139881003300914.

44.-Royer K, Liu XJ, Zhu Q, Malmstrom H, Ren YF. Apical and root canal space sealing abilities of resin and glass ionomer-based root canal obturation systems. Chin J Dent Res. 2013;16(1):47-53. PMID: 23878826.

45.-Sah S, Mangat P, Kumar A, Sah N, Shivakumar GC, Di Blasio M, Cervino G, Minervini G. Stereomicroscopic evaluation of sealing ability of four different root canal sealers: an in-vitro study. BMC Oral Health. 2024 Feb 20;24(1):258. doi: 10.1186/s12903-024-03913-7.

46.-Strange KA, Tawil PZ, Phillips C, Walia HD, Fouad AF. Long-term Outcomes of Endodontic Treatment Performed with Resilon/Epiphany. J Endod. 2019 May;45(5):507-512. doi: 10.1016/j.joen.2019.01.019.

47.- International Organization for Standardization. ISO 6876:2012 - Dentistry: Root canal sealing materials [Internet]. Geneva: ISO; 2012.

48.-Sarunket C, Banomyong D, Vibulcharoenkitja P, Sutimuntanakul S. Radiopacity of Portland Cement and Calcium Silicate-Based Cement with Different Mixed Ratios of Radiopacifiers. Eur Endod J. 2022 Mar;7(1):52-57. doi: 10.14744/eej.2021.72691.

49.-Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. . Metodología de la investigación (6a. ed. --.)[Internet]. México D.F.: McGraw-Hill. 2014

50.-Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, Peters OA, Rôças IN, Siqueira JF Jr, Priya E, Jayaraman J, J Pulikkotil S, Camilleri J, Boutsioukis C, Rossi-Fedele G, Dummer PMH. PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontology: A consensus-based development. Int Endod J. 2021 Sep;54(9):1482-1490. doi: 10.1111/iej.13542.

51.-Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. J Endod. 2007 Sep;33(9):1110-6. doi: 10.1016/j.joen.2007.06.004.

52.-Húngaro Duarte MA, de Oliveira El Kadre GD, Vivan RR, Guerreiro Tanomaru JM, Tanomaru Filho M, de Moraes IG. Radiopacity of portland cement associated with different radiopacifying agents. J Endod. 2009 May;35(5):737-40. doi: 10.1016/j.joen.2009.02.006.

53.-Marciano MA, Duarte MA, Camilleri J. Calcium silicate-based sealers: Assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. Dent Mater. 2016 Feb;32(2):e30-40. doi: 10.1016/j.dental.2015.11.008.

54.- He X, Liu K, Zhang Z . Assessment of Physical Properties, Obturation Quality, and Cytocompatibility/Osteogenic Potential of KP-Root SP: A New Calcium Silicate-based Bio-ceramic Sealer. Journal of Endodontics, 2025; 51, 768-780

55.- Demirci GK, Kaval ME, Kurt SM, Serefoglu B, Güneri P, Hülsmann M, Caliskan MK. Energy-Dispersive X-Ray Spectrometry Analysis and Radiopacity of Five Different Root Canal Sealers. Braz Dent J. 2021 Sep-Oct;32(5):1-11. doi: 10.1590/0103-6440202104638.

56.-Azhar S, Agarwal A, Dhingra S, Akhtar MS, Yadav S, Sandesh S, Singh V. Evaluation of Radiopacity of Calcium Silicate-Based and Resin-Based Materials Using Direct Digital Radiography Along With an Aluminium Step Wedge. Cureus. 2024 Sep 23;16(9):e70035. doi: 10.7759/cureus.70035.

57.- Sarraf P, Ghabraei S, Mohammadi Z, Noori F, Chitsaz N. Comparison of the Physical Properties of Three Resin-Based Root Canal Sealers: An In-Vitro Study. Front Dent. 2023 Sep 19;20:34. doi: 10.18502/fid.v20i34.13651.

58.-Singbal K, Pradeep P, Mangat AK. Comparative evaluation of physicochemical properties of various root canal sealers: An in vitro study. J Conserv Dent Endod. 2025 Apr;28(4):325-330. doi: 10.4103/JCDE.JCDE_866_24.

59.-Mann A, Zeng Y, Kirkpatrick T, van der Hoeven R, Silva R, Letra A, Chaves de Souza L. Evaluation of the Physicochemical and Biological Properties of EndoSequence BC Sealer HiFlow. J Endod. 2022 Jan;48(1):123-131. doi: 10.1016/j.joen.2021.10.001.

X.-ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos según cemento sellador endodóntico

Cemento endofill

	E1	E2	E3	E4	E5
Solubilidad (%)	2,03	2,49	1,82	1,63	2,12
Fluidez (mm)	28,575	28,200	28,560	30,845	26,485
Radiopacidad (mm Al)	6,71	6,72	6,54	7,82	7,35

Cemento Sealer 26

	S1	S2	S3	S4	S5
Solubilidad (%)	0,43	1,2	0,42	0,85	0,64
Fluidez (mm)	19,130	18,025	18,205	17,715	17,865
Radiopacidad (mm Al)	7,22	7,49	6,53	7,27	7,32

Cemento viOseal

	V1	V2	V3	V4	V5
Solubilidad (%)	0,18	0,36	0,90	0,54	0,10
Fluidez (mm)	20,250	20,890	21,115	21,705	21,030
Radiopacidad (mm Al)	8,14	8,13	8,73	8,11	8,05

Cemento KP-Root SP

	KP1	KP2	KP3	KP4	KP5
Solubilidad (%)	1,41	1,05	0,61	0,84	1,03
Fluidez (mm)	23,190	22,450	23,250	23,005	22,870
Radiopacidad (mm Al)	7,61	7,75	7,70	7,74	7,83

Anexo 2: Ficha técnica de la matriz de radiopacidad

LAUDO

Luzerna, 28 de abril de 2026.

Produto: Matriz de radiopacidade

Código: OMT161

Atende as especificações da norma ISO 6876 no que tange as recomendações abaixo elencadas.

Descrição	Recomendação	Mensurado
Pureza Alumínio	98% da massa	99,86%
Teor de cobre	< 0,1%	0,001%
Teor de ferro	< 1,0 %	0,091%
Dimensões	50 x 20 mm	50 x 20 (±0,03 mm)
Degraus	1,00 x 5,00 mm	1,0 x 5,00 mm
*** ver laudo complementar do laboratório**		

Instrumento de medição: Paquímetro Mitutoyo 0-150 mm 0,01 mm.

Rafael T. ***Patzlaff*** Eng.
Responsável
CREA-SC

Rua Frei Sérgio Hillesheim, s/n
Distrito Industrial - Luzerna SC
89609-000

1761 W Hillsboro Blvd, Ste 408
Deerfield Beach, FL
33442

+55 49 3521 4016
+1 786 753 8812
www.odeme.com.br
odeme@odeme.com.br

Anexo 3: Conflicto de interés y fuente de financiamiento

Declaración de conflicto de intereses

Yo, Víctor Eriberto Ramos Andía con DNI: 71648842 y código 20050054, autor de la tesis titulada:

"Análisis in vitro de la solubilidad, fluidez y radiopacidad de cuatro cementos selladores endodónticos según ISO 6876:2012"

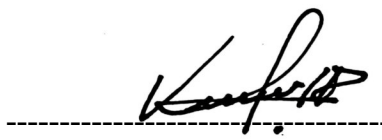
Declaro:

-No poseer conflictos de intereses que pudiera influir en la tesis presentada a la FO, UNMSM

-No poseer vínculos personales o laborales con ninguna marca de los productos mencionados en la presente investigación.

-La presente investigación fue financiada por el propio autor y en parte por el asesor C.D Abel Anglas Machacuay.

Lima, 28 de julio de 2026



Bach. Víctor Ramos Andía

Anexo 4: Procedimiento para determinar la solubilidad



Preparación de las muestras (Ramos, 2026)



Primera colocación de muestras en la incubadora para el proceso de fraguado

(Ramos, 2026)



Pulido de las muestras (Ramos, 2026)



Pesaje 1 de las muestras (Wi)(Ramos, 2026)



Segunda colocación de muestras en la incubadora (Ramos, 2026)



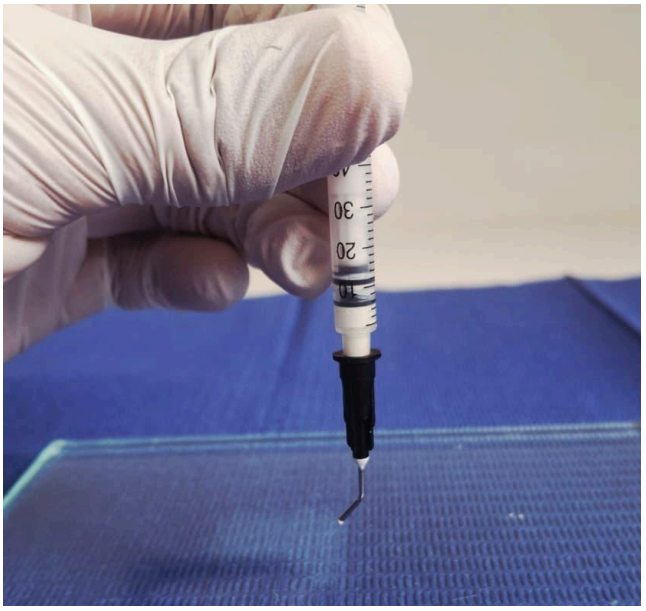
Colocación de muestras en el desecador para la eliminación de la humedad

(Ramos, 2026)



Pesaje 2 de las muestras (Wf)(Ramos, 2026)

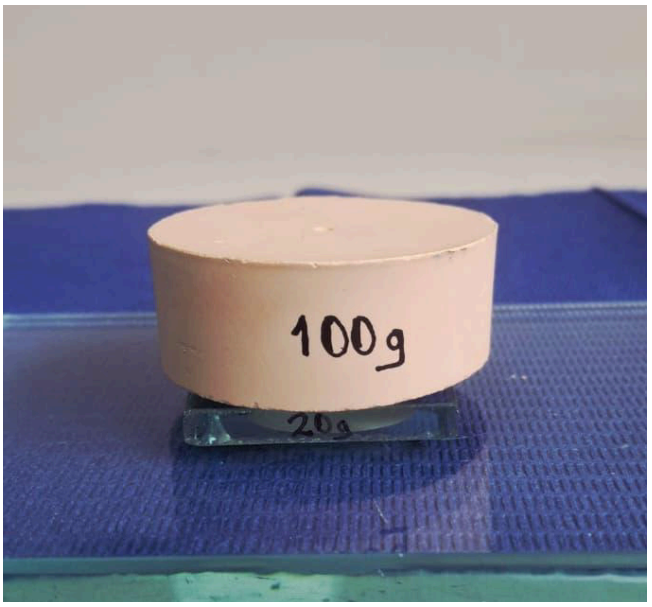
Anexo 5: Procedimiento para determinar la fluidez



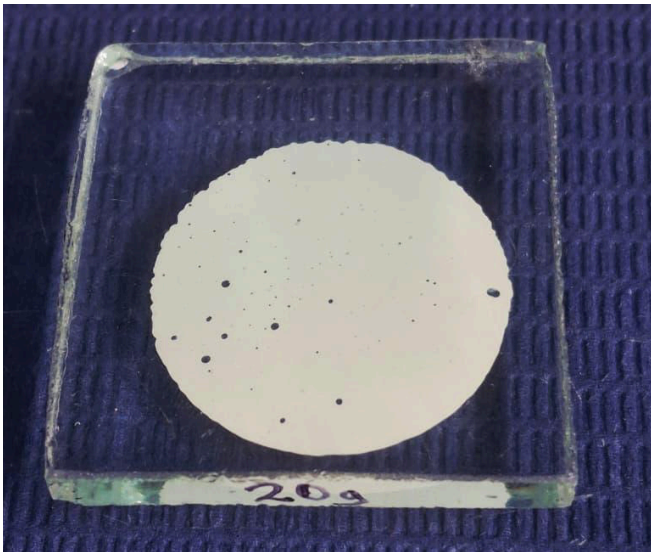
Jeringa calibrada (Ramos, 2026)



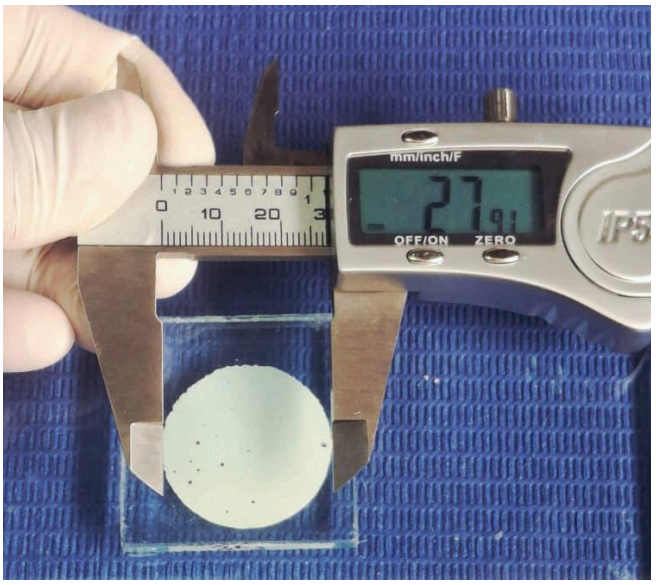
Cantidad de 0,05 g de sellador en la platina de vidrio (Ramos, 2026)



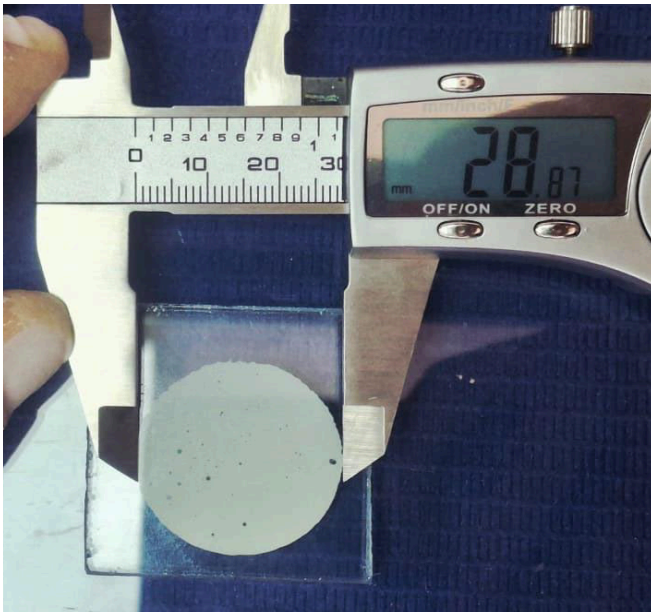
Muestra sometida a carga (Ramos, 2026)



Disco formado por el sellador tras retirar la carga (Ramos, 2026)



Medición del diámetro mínimo (Ramos, 2026)

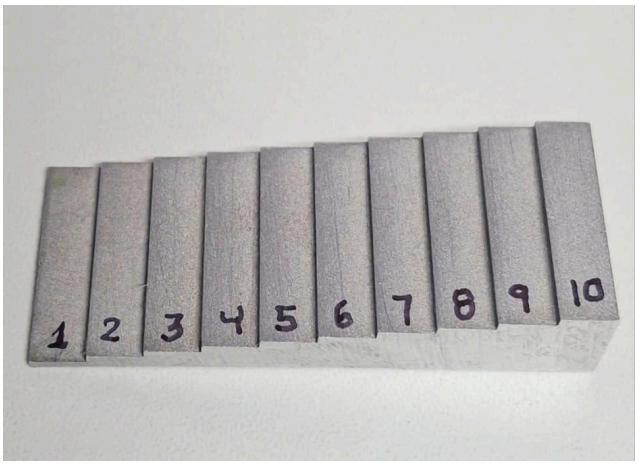


Medición del diámetro máximo (Ramos, 2026)

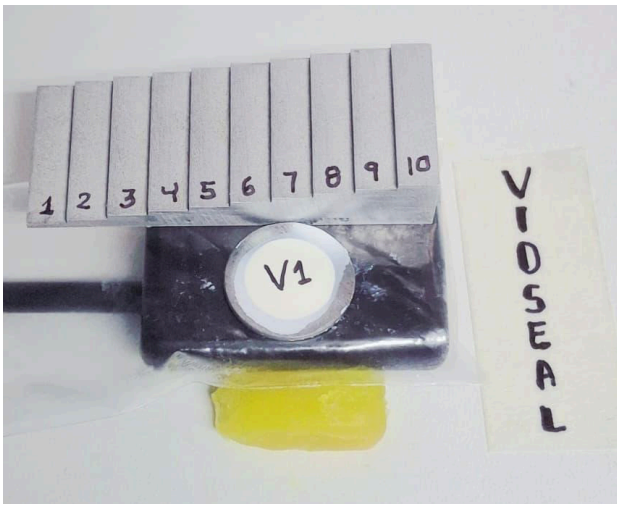
Anexo 6: Procedimiento para determinar la radiopacidad



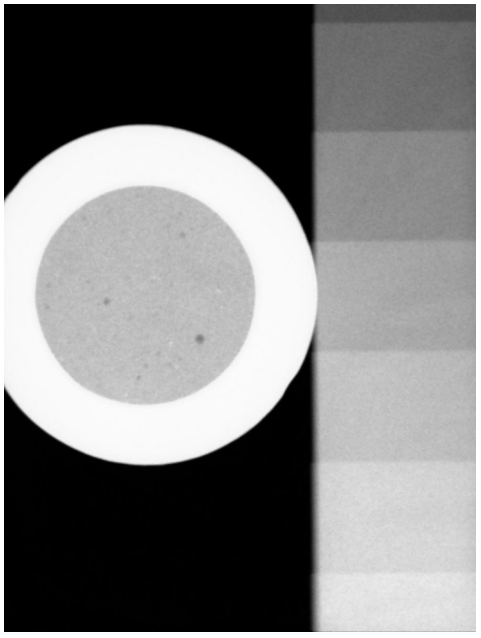
Preparación de las muestras (Ramos, 2026)



Matriz de aluminio con incrementos de 1 mm, escala 1-10 (Ramos, 2026)



Sensor con muestra y matriz de aluminio (Ramos, 2026)



Radiografía digital con muestra y matriz de aluminio (Ramos, 2026)

Anexo 7: Determinación de la radiopacidad en mm de aluminio

Fórmula:

$$\frac{A-B}{A-C} + mm\ Al = ___\ mm\ Al$$

A: Píxeles del escalón de mm Al superior al de la muestra

B: Valor en pixeles de la muestra

C: Pixeles del escalón de mm Al inferior al de la muestra

mm Al: **Valor del escalón de Al más cercano a la muestra**

Espesor de aluminio	Media de píxeles
10 mm	228,08
9 mm	214,54
8 mm	192,48
7 mm	167,70
6 mm	14033
5 mm	111,72

Desarrollo: Conversión de píxeles del viOseal (188,79 píxeles) a mm Al.

$$\frac{192{,}48-188{,}79}{192{,}48-167{,}70} + 8\ mm\ Al = \ 8{,}14\ mm\ Al$$

Por lo tanto, el valor en mm Al de la muestra de viOseal es de 8,14 mm Al.