

**Determinación de la exactitud del acceso a dientes con conductos calcificados, realizado
a través de endoguías basadas en tomografías (Reporte de Caso)**

**Juan David Sandoval Echavarría, Sergio Andrés Martínez Araque y Rafael Ricardo
Reyes López**

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Endodoncia

Director

Julián Torres Celeita

Especialista en Endodoncia

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ciencias de la Salud

Facultad de Odontología

2025

Contenido

1. Introducción.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación.....	11
2. Marco teórico	13
3. Objetivos.....	21
3.1 Objetivo general	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4. Método.....	22
5. Resultados	26
6. Discusión	28
6.1 Conclusiones	30
6.2 Recomendaciones.....	31
Referencias.....	32
Apéndices.....	39

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Comparación de parámetros preoperatorios y posoperatorios.....</i>	26
---	----

Lista de figuras

Figura 1. <i>Procedimientos para alcanzar el conducto calcificado</i>	25
Figura 2. <i>Imágenes CBCT preoperatorias</i>	27
Figura 3. <i>Imágenes CBCT posoperatorias</i>	27

Lista de apéndices (opcional)

Apéndice A. <i>Operacionalización de variables</i>	39
Apéndice B. <i>Instrumento</i>	40
Apéndice C. <i>Consentimiento Informado</i>	41

Resumen

Problema: el tratamiento endodóntico en dientes con conductos calcificados puede dificultar para localización del sistema de conductos radiculares. La endodoncia guiada surge como una alternativa precisa para facilitar el acceso. **Objetivo:** determinar la precisión y el volumen de tejido removido durante el acceso a un conducto calcificado mediante una endoguía basada en tomografía, así como las maniobras adicionales requeridas. **Método:** se realizó un reporte de caso con un diente con calcificación severa del conducto radicular. Se diseñó una endoguía digital en el software Blue Sky Plan® e impresa en resina biocompatible. Se compararon imágenes tomográficas preoperatorias y posoperatorias para determinar la desviación angular y el volumen de dentina removido. **Resultados:** el acceso se realizó con una desviación angular de $5,06^\circ$ y una pérdida volumétrica de 0,015 ml de dentina. Se requirió ultrasonido como maniobra complementaria para rectificar el trayecto, lográndose la permeabilización exitosa del conducto. **Conclusión:** la Tomografía de Volumen Parcial o Segmentada no es la ideal para diseñar una endoguía, ya que aumenta el riesgo clínico en zonas críticas de calcificación. Se recomienda ampliar la muestra y unificar protocolos para establecer comparaciones significativas frente a métodos convencionales.

Palabras clave: Tomografía Computarizada de Haz Cónico, Endodoncia, Terapia Asistida por Computador, Calcificaciones de la Pulpa Dental, Endodoncia Guiada

Abstract

Problem: endodontic treatment in teeth with calcified canals can make the localization of the root canal system difficult, increasing the risk of perforations, instrument fracture, and treatment failure. Guided endodontics has emerged as a precise alternative that uses cone-beam computed tomography (CBCT) and 3D-printed guides to facilitate access. **Objective:** to determine the accuracy and the volume of tissue removed during access to a calcified root canal using a CBCT-based endodontic guide, as well as the additional maneuvers required. **Method:** a case report was conducted on a tooth with severe root canal calcification. A digital endodontic guide was designed in Blue Sky Plan® software and printed in biocompatible resin. Preoperative and postoperative CBCT images were compared to determine angular deviation and the volume of dentin removed. **Results:** access was performed with an angular deviation of 5.06° and a dentin loss of 0.015 ml. Ultrasonics was required as a complementary maneuver to correct the trajectory, achieving successful canal negotiation. **Conclusion:** partial or Segmented Volume CBCT is not ideal for designing an endodontic guide, as it increases clinical risk in critical areas of calcification. However, an expanded sample size and standardized protocols are recommended to allow meaningful comparisons with conventional methods.

Keywords: Cone-Beam Computed Tomography, Endodontics, Therapy, Computer-Assisted, Dental Pulp Calcification, Guided Endodontics

1. Introducción

El tratamiento endodóntico en dientes con conductos calcificados puede dificultar la localización y el acceso a los mismos, lo cual aumenta el riesgo de perforaciones, fractura de instrumentos y, en algunos casos, el fracaso del tratamiento (Patel, 2020). A pesar de los avances en materiales e instrumentación, los métodos tradicionales basados en radiografías periapicales bidimensionales siguen presentando limitaciones cuando se trata de evaluar la complejidad interna de dientes con obliteración pulpar (Patel, 2019).

La calcificación intraconducto puede aparecer en aproximadamente 4 % de los incisivos permanentes, y puede alcanzar hasta el 22 % en dientes con antecedente de trauma (Holcomb & Gregory, citado en Modaresi et al., 2021). Múltiples estudios han reportado que las calcificaciones pulpares son frecuentes y están presentes en aproximadamente el 60 % de los dientes evaluados, siendo los molares los más afectados (Sanz et al., 2025). Así mismo, se ha reportado que la prevalencia de calcificaciones pulpares varía entre un 9 % y un 12 %, con mayor incidencia en personas mayores de 40 años (Hargreaves & Berman, 2016). Estas condiciones hacen que el tratamiento sea más complejo, pues la tasa de éxito al acceder a conductos calcificados a través de técnicas manuales asistidas por microscopio y ultrasonido es cercana al 74 %, lo que implica una tasa de fracaso aproximada del 26 % (Wu et al., 2011; Yang et al., 2016). Incluso en tratamientos convencionales no quirúrgicos realizados por endodoncistas, el éxito de dichos tratamientos alcanza un 80 %, frente a un 20 % de fracasos (Georges, Rita, Zogheib, 2023).

Con la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) es posible obtener imágenes tridimensionales del diente afectado y planificar el tratamiento de forma precisa (Silva et al., 2020), de acuerdo con la Sociedad Americana de Endodoncia (American Association of Endodontists [AAE], 2020), la tomografía CBCT debe tenerse en cuenta en casos de obliteración severa, sobre

todo cuando los métodos convencionales han fallado o cuando el riesgo de perforación es elevado, sin embargo, cuando se presentan casos con calcificaciones severas, el acceso a los conductos puede continuar siendo complejo, incluso con el apoyo del CBCT (Teerawanitsan et al., 2025).

La endodoncia guiada, es una técnica que combina imágenes tomográficas, escaneos digitales y softwares de planificación para diseñar guías impresas en 3D que permiten acceder de forma controlada y precisa al sistema de conductos (Connert et al., 2018). Estas guías dirigen el trayecto de la fresa desde la superficie del diente hasta la zona estimada del conducto, minimizando así la pérdida de estructura dentaria y reduciendo los riesgos iatrogénicos (Krastl et al., 2016; Strbac et al., 2017).

Se ha demostrado que las endoguías pueden reducir significativamente la desviación angular del acceso. Mientras que con métodos tradicionales esta desviación puede variar entre 4° y 15°, con endodoncia guiada se ha reportado una precisión de entre 1° y 3° (Connert et al., 2018; Zubizarreta-Macho et al., 2021). A pesar de esto, aún persisten preguntas sobre la aplicabilidad rutinaria de esta técnica y sobre qué factores podrían influir en su éxito clínico, como la calidad de las imágenes, la experiencia del operador o el diseño de la guía.

Sin embargo, aún se requieren estudios clínicos adicionales que comparen de forma cuantitativa la precisión y eficiencia de las endoguías respecto a métodos convencionales, por tanto, el presente estudio tiene como objetivo determinar la precisión y el volumen de tejido removido en el acceso a dientes con conductos calcificados mediante el uso de endoguías basadas en tomografías, y evaluar también la necesidad de maniobras complementarias durante el procedimiento.

1.1 Planteamiento del problema

Los conductos calcificados pueden complicar la localización y el tratamiento de los mismos durante la terapia endodóntica; esto aumenta el riesgo de perforaciones o fracasos en el proceso de limpieza y desinfección del sistema de conductos (Patel, 2020).

Los endodoncistas dependían de técnicas de preparación manuales y radiográficas convencionales para localizar y tratar los conductos calcificados, las cuales eran insuficientes por las limitaciones que aún presentan las radiografías bidimensionales y a la falta de acceso directo a los conductos obliterados (Hsieh, et al., 2018). La utilización de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT), ha mejorado la capacidad de observar el diente a profundidad, pero la conformación de los conductos resulta compleja, sobre todo en casos de calcificación excesiva (Braga Diniz, J, et al., 2022).

Para acceder al conducto calcificado, de acuerdo a diversos estudios mediante técnicas tradicionales, la desviación puede oscilar entre 4° y 15° con relación al eje original del mismo (Connert et al., 2018), como consecuencia, las posibilidades de sufrir perforaciones y el fracaso del tratamiento aumentan (Junge et al., 2020). Por otro lado, la precisión de las endoguías depende de factores como la habilidad del odontólogo, tanto para la navegación en el software de planificación como para la intervención con las mismas, y de la calidad de las imágenes obtenidas mediante CBCT (Schröder et al., 2019).

Así mismo, la localización de los conductos se ve obstaculizada por calcificación excesiva del tejido pulpar, algunos estudios han evidenciado que los procedimientos manuales o rotatorios convencionales tienden a extender los tiempos de apertura considerablemente debido a la necesidad de trabajar con precisión para evitar perforaciones (Decurcio et al., 2021).

De manera que, resulta necesario un estudio que evalúe la precisión clínica de las endoguías, su efectividad en comparación con las técnicas tradicionales y la necesidad, o no, de maniobras adicionales para localizar el conducto a tratar.

1.2 Justificación

El tratamiento de conductos radiculares calcificados se ha convertido en uno de los mayores retos para la práctica endodóntica moderna ya que puede hacer más difícil el acceso y la instrumentación, y aumentar así, el riesgo de complicaciones como la perforación o la alteración de la anatomía del conducto (Chávez de Paz, 2007).

Se ha demostrado que las endoguías pueden limitar la desviación en el acceso de conductos obliterados en un rango de 1° a 3°, ya que están diseñadas a partir de imágenes tridimensionales precisas (Van der Meer et al., 2016), lo que favorece al profesional desarrollar un tratamiento con el mínimo de riesgos de complicación durante la atención.

La utilización de endoguías basadas en tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) ha demostrado ayudar a reducir los tiempos de acceso en el tratamiento de conductos radiculares calcificado. El acceso a conductos calcificados con métodos tradicionales puede resultar ser un proceso prolongado y complejo, que aumenta los riesgos de perforación, desgaste excesivo de dentina y complicaciones intraoperatorias (Patel et al., 2019). La reducción del tiempo de tratamiento, especialmente en conductos difíciles de localizar, contribuye en una menor exposición del paciente a largos procedimientos y en una mayor eficiencia para el profesional, lo cual justifica la necesidad de realizar más investigaciones que describan este tipo de técnicas (Connert et al., 2018).

Actualmente, la práctica odontológica está orientada a evitar tratamientos invasivos o incluso, tratamientos definitivos como la exodoncia. Una mayor precisión en la localización de los conductos podría no solo mejorar los resultados clínicos, sino también disminuir el tiempo de tratamiento y la incomodidad del paciente (Nassiri, 2023).

2. Marco teórico

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Endodoncia guiada. La endodoncia guiada es una técnica endodóntica utilizada para acceder a los conductos radiculares, específicamente en casos complejos como conductos calcificados. Consiste en la obtención de una serie de imágenes tridimensionales del diente a tratar, con Tomografía de Rayo de Cono (CBCT), las cuales permiten la planificación digital del acceso al conducto, mediante un software especializado para la creación de guías de navegación estática o dinámica, que ayuden a alcanzar la permeabilidad y la conformación del conducto con mayor precisión (Connert et al., 2018).

La localización de los conductos calcificados, en tratamientos convencionales, depende de la habilidad del operador y del uso de radiografías bidimensionales. Sin embargo, la endodoncia guiada ha mejorado la precisión de dichos procedimientos, ya que reduce el riesgo de perforaciones accidentales y contribuye a mantener la mayor cantidad de tejido dental. Las guías endodónticas personalizadas facilitan el acceso a los conductos radiculares y mejoran los resultados clínicos al optimizar tanto el tiempo de intervención como la precisión del tratamiento (Strbac et al., 2017).

2.1.1.1 Softwares utilizados en Endodoncia Guiada. El software en endodoncia guiada se utiliza para la planificación de los procedimientos a realizar. Estos programas permiten integrar los datos obtenidos de tomografías de rayo de cono (CBCT) con modelos digitales del diente o escaneos intraorales, lo cual arroja un mapa tridimensional de la anatomía dental. Esto es necesario para diseñar el trayecto exacto de las fresas, y así, disminuir el riesgo de errores durante el tratamiento (Van der Meer et al., 2019). Además, no solo mejoran la precisión de los

procedimientos, sino que también aumentan su eficiencia al permitir al profesional visualizar, planificar y modificar el trayecto de las fresas antes de la intervención, lo que se traduce en un menor tiempo operatorio y un mayor margen de seguridad tanto para el paciente como para el operador (Patel et al., 2019).

Entre los softwares más utilizados en la endodoncia guiada se encuentran:

- **3D Endo®**: este software permite realizar una planificación detallada del acceso endodóntico, y proporciona una vista tridimensional de la anatomía del diente y calcula el trayecto más adecuado para evitar estructuras anatómicas críticas.
- **coDiagnostiX®**: es un programa que integra imágenes de CBCT y modelos intraorales para crear guías endodónticas precisas. También realiza simulaciones previas al tratamiento, lo que ayuda a planificar el procedimiento con más detalle.
- **Blue Sky Plan®**: es un programa que se utiliza principalmente para la planificación de implantes, pero se puede adaptar a la endodoncia guiada. Ayuda a la creación de guías quirúrgicas y permite la integración con diferentes sistemas de impresión 3D para realizar guías personalizadas (Connert et al., 2018).

2.1.1.2 Tipos de navegación digital en endodoncia guiada: navegación estática. La navegación estática en endodoncia guiada hace referencia al uso de guías físicas impresas en 3D que se colocan directamente sobre el diente del paciente, las cuales se crean a partir de los datos obtenidos mediante tomografía CBCT y escaneos intraorales. Éstos se integran en un software para así, poder planificar el trayecto del acceso al conducto (Zubizarreta-Macho et al., 2021).

Una vez la guía se diseña, ésta se imprime en 3D y se ajusta de manera personalizada al diente del paciente, lo cual permite un acceso controlado y preciso. El uso de esta tecnología ha

demostrado ser exacta a la hora de acceder a conductos calcificados, ya que evita realizar múltiples correcciones durante el procedimiento, lo que también reduce el tiempo operatorio y mejora la precisión (Gonçalves, W. F, et al., 2021).

En los casos de dientes con calcificaciones severas, donde la localización manual del conducto podría llegar a tener una dificultad considerable, la navegación estática se convierte en una opción ideal para el tratamiento. Esta técnica permite acceder al conducto de forma más segura y predecible, al disminuir el riesgo de perforaciones accidentales o pérdida excesiva de tejido dental sano (Ribeiro et al., 2022).

2.1.1.3 Tipos de navegación digital en endodoncia guiada: navegación dinámica. La navegación dinámica emplea sistemas de seguimiento en tiempo real para guiar al profesional durante el procedimiento, contrario a la navegación estática, que utiliza guías físicas. En lugar de una guía física, el operador utiliza un monitor que proyecta en tiempo real la posición de la fresa en relación con la anatomía del diente, lo que le permite realizar ajustes dinámicos a medida que avanza el procedimiento (Vasudevan et al., 2022).

La navegación dinámica se basa en tecnología similar a la que se utiliza en cirugía asistida por computadora, donde el movimiento de los instrumentos es rastreado por sensores que se comunican con un software que muestra la ubicación precisa en una imagen tridimensional del diente. Esto permite una mayor flexibilidad, ya que el profesional puede ajustar la trayectoria en tiempo real si se presenta algún cambio en la anatomía durante el procedimiento (Zubizarreta-Macho et al., 2021).

Una de las principales ventajas de la navegación dinámica es que no requiere la fabricación de guías físicas, lo que reduce el tiempo de preparación antes del procedimiento. Además, permite

una visualización de la progresión continua de la fresa, lo cual es útil en casos en los que la calcificación del conducto puede llegar a ser más extensa de lo previsto, mientras que su principal desventaja es el alto costo, en cuanto a su aplicación (Vasudevan et al., 2022).

2.1.1.4 Impresión 3D en navegación estática. Las guías quirúrgicas impresas en 3D permiten al operador realizar procedimientos precisos y controlados. Para su fabricación, se emplean impresoras de alta resolución que reproducen con exactitud los modelos generados digitalmente a partir de las imágenes CBCT y los escaneos intraorales del paciente (Ribeiro et al., 2022).

Este tipo de guías facilita el acceso a los conductos radiculares, ya que proporcionan un soporte físico que guía las fresas hacia el punto exacto que ha sido previamente planificado digitalmente. Además, las guías impresas en 3D pueden diseñarse para que incluyan anillos limitadores de profundidad, de esta forma ayudan a mejorar el control a dicho procedimiento (Jung et al., 2020).

2.1.1.5 Sistemas de fresa y anillo. La endodoncia guiada, depende también, del uso de sistemas de fresas diseñados específicamente para trabajar con las guías quirúrgicas. Estas fresas deben ser compatibles con los anillos limitadores de profundidad y estar diseñadas para acceder con precisión al esmalte y la dentina sin desviarse del trayecto planificado (Strbac et al., 2017).

Los sistemas de fresas para endodoncia guiada suelen fabricarse a partir de materiales como el acero inoxidable o carburo de tungsteno e incluir fresas con diferentes longitudes y diámetros, cada una diseñada para realizar etapas específicas durante el acceso. La fresa inicial se utiliza en esmalte, mientras que las fresas más largas y delgadas son necesarias para avanzar a través de la

dentina calcificada hacia el conducto radicular. Estas fresas suelen diseñarse para trabajar en conjunto con los anillos limitadores de profundidad (Zubizarreta-Macho et al., 2021).

Los anillos limitadores de profundidad se colocan en las fresas y aseguran que la perforación no exceda la profundidad planificada en el software, lo cual reduce el riesgo de perforaciones accidentales. (Zubizarreta-Macho et al., 2021). El sistema fresa-anillo permite al profesional tener la certeza que la fresa solo avanzará hasta el punto planificado, lo cual es de suma importancia en dientes con conductos calcificados, donde el margen de error debe ser limitado (Strbac et al., 2017).

2.1.2 Tomografía de Rayo de Cono. La tomografía computarizada de rayo de cono (CBCT) ha mejorado el diagnóstico y la planificación de los tratamientos en odontología, sobre todo en endodoncia guiada. A diferencia de las radiografías convencionales, que ofrecen imágenes bidimensionales limitadas, el CBCT ofrece imágenes tridimensionales de alta resolución que permiten evaluar con precisión la anatomía dental y las estructuras adyacentes (Patel et al., 2019).

El uso de CBCT es fundamental en la endodoncia guiada, ya que permite una visualización clara de los conductos calcificados y de otras estructuras anatómicas difíciles de localizar con técnicas convencionales. Gracias a esto, el profesional puede realizar mediciones precisas de la profundidad, el grosor de la dentina y la ubicación exacta del conducto radicular, lo que facilita planear el acceso con guías digitales o físicas (Janner et al., 2015).

El CBCT también ayuda a disminuir los riesgos de complicaciones gracias a que las imágenes proporcionan información detallada sobre la orientación y el trayecto de los conductos radiculares antes de iniciar el procedimiento (Patel et al., 2019).

2.2 Marco Referencial

Los primeros estudios sobre el tratamiento de conductos radiculares calcificados se enfocaron en las dificultades para localizar y acceder a dichos conductos al disponer de radiografías convencionales y técnicas manuales. Durante la década de los 80 y 90, Ingle (1985) y Grossman (1991) mencionaron los retos clínicos que presentaban los conductos calcificados, donde el riesgo de perforaciones aumentaba debido a la falta de visibilidad y control sobre el trayecto de las fresas (Ingle, 1985; Grossman, 1991). En esos años, describieron nuevas técnicas radiográficas y mejoraron algunos materiales endodónticos, como las limas flexibles, lo cual fue un avance importante, aunque los resultados no eran relevantes debido a la falta de tecnología que permitiera localizar un conducto calcificado de forma precisa (Ingle, 1985; Grossman, 1991).

A principios del siglo XXI, el desarrollo de la tomografía computarizada de rayo de cono (CBCT) permitió obtener imágenes tridimensionales de los dientes y sus estructuras adyacentes. Patel et al. (2007) demostraron que el uso de CBCT en endodoncia, llegaba a ser muy útil para localizar conductos radiculares calcificados que no podían visualizarse con radiografía periapical. Otros estudios como los de Michetti et al. (2010), confirmaron la eficacia de la CBCT en la planificación de tratamientos endodónticos complejos, ya que estos facilitaban la localización de conductos calcificados y así, aumentaban la tasa de éxito en este tipo de procedimientos. Esto permitió el desarrollo de técnicas guiadas más avanzadas, como la endodoncia guiada.

Krastl et al. (2016) introdujeron el término "endodoncia guiada" para describir el uso de guías impresas en 3D basadas en datos CBCT, lo cual ayudaba a mejorar la precisión en el acceso al sistema de conductos radiculares. Éste estudio fue uno de los primeros en demostrar que la endodoncia guiada permitía un acceso más controlado y seguro a los conductos calcificados, lo

que resultó en una disminución de perforaciones accidentales. También destacaron la reducción en el tiempo operatorio, ya que el uso de guías eliminaba la necesidad de ajustes durante el procedimiento. Otros investigadores comenzaron a investigar la endodoncia guiada en diferentes aplicaciones clínicas. Zehnder et al. (2016) compararon la precisión del acceso guiado frente al acceso convencional y concluyeron que la endodoncia guiada ofrecía un nivel de precisión superior en dientes con conductos radiculares calcificados.

En cuanto a softwares y herramientas digitales, Connert et al. (2018) estudiaron la efectividad de diferentes softwares como **Blue Sky Plan®** y **3D Endo®** en la planificación digital del acceso a los conductos radiculares para facilitar la creación de guías quirúrgicas impresas en 3D. Ellos demostraron que el uso de un software para planificar la trayectoria de las fresas mejoraba la precisión del acceso comparado con las técnicas convencionales. Además, destacaron que estos sistemas disminuyen el riesgo de perforación y la pérdida de tejido dental sano.

Por otro lado, algunas investigaciones han comparado la navegación estática y dinámica en endodoncia guiada. Van der Meer et al. (2019) fueron de los primeros en explorar el uso de la navegación dinámica, la cual demostró ser útil en casos complejos, donde la anatomía dental puede variar durante el procedimiento. Más adelante, Zubizarreta-Macho et al. (2021) realizaron un estudio comparativo entre la navegación estática y dinámica, y demostraron que, si bien ambas técnicas ofrecían altos niveles de precisión, la navegación estática con guías impresas es más accesible y fácil de implementar en la práctica diaria. Sin embargo, la navegación dinámica brindaba una mayor flexibilidad durante el procedimiento.

Más recientemente, la precisión y la reducción del tiempo operatorio en endodoncia guiada han generado nuevas investigaciones. Específicamente, Kiarudi et al. (2015) estudiaron la integración de la tomografía de rayo de cono con nuevas tecnologías de software y sistemas de

fresas. Como resultado, confirmaron que las guías impresas en 3D, junto con la planificación digital, ofrecían un acceso adecuado a los conductos calcificados, reducían el tiempo de acceso y mejoraban la seguridad del procedimiento. Estos avances tecnológicos han logrado una mejora en la precisión del acceso endodóntico y han reducido la necesidad de intervenciones adicionales correctivas durante el procedimiento.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la precisión y el volumen de tejido removido en el acceso a dientes con conductos calcificados, realizado a través de endoguías basadas en tomografías.

3.2 Objetivos específicos

- Describir los grados de desviación que se generen durante la ejecución del procedimiento, entre lo planificado por el software y la endoguía.
- Calcular el volumen de tejido removido durante el acceso al diente para el hallazgo del conducto radicular calcificado a través de las endoguías.
- Describir la necesidad de realizar maniobras adicionales por parte del operador para localizar el conducto calcificado.

4. Método

4.1 Tipo de estudio

Reporte de caso.

4.2 Variables

Se consideraron las siguientes variables: volumen de tejido removido, desviación generada durante el acceso al conducto calcificado y medidas adicionales requeridas para localizar el conducto calcificado (Apéndice operacionalización de variables).

4.3 Instrumento

Se utilizó un formato diseñado en Microsoft Excel® para diligenciar los datos recolectados de acuerdo a las variables establecidas (Apéndice instrumento).

4.4 Reporte de caso

Paciente de género femenino de 78 años, sin antecedentes médicos que interfieran con tratamiento odontológico a realizar, asiste a la Clínica Odontológica de la Federación Odontológica Colombiana para valoración del diente 12. De acuerdo al examen clínico, el diente presenta carilla estética vestibular y cavidad palatina con obturación temporal; radiográficamente se observa obliteración de conducto radicular a nivel de tercio cervical y medio mientras que, a nivel de tercio apical radicular se logra observar luz de conducto, así mismo se observa ensanchamiento del espacio de ligamento periodontal periapical compatible con lesión apical.

Pruebas de sensibilidad negativas, palpación y percusión negativas para un diagnóstico de Periodontitis Apical Asintomática.

La paciente reporta varios intentos previos en consulta particular para acceder al conducto, sin éxito alguno y expresa su deseo de mantener el diente en cavidad oral, por lo que se decide realizar endodoncia guiada. Se solicita tomografía preoperatoria e incluirla en primera fase de investigación para realizar planificación previa, a partir de una Tomografía de Volumen Parcial o Segmentada; luego en segunda fase investigativa, con endoguía ya confeccionada, realizar el acceso real al diente calcificado y determinar la precisión, desviación y maniobras adicionales para acceder a dicho conducto. Se explican riesgos y beneficios, paciente entiende, acepta participar en ambas fases investigativas y firma consentimientos informados.

La guía fue diseñada digitalmente con el software Blue Sky Plan®, integrando archivos DICOM de CBCT y escaneos intraorales STL. Como ya se mencionó anteriormente, la tomografía escogida en la investigación anterior para realizar la endoguía fue una tomografía de alta resolución de volumen parcial, voxel 0,75, FOV (campo de visión) de 5x5, el escáner intraoral fue configurado para exportar los escaneos con la opción de modelo abierto para no perder resolución.

La guía se realizó con acceso de tipo incisal y con diámetro interno del cilindro guía de 0,90 milímetros. Posteriormente, se imprimieron en resina biocompatible utilizando una impresora AnyCubic Photon Mono M5S®. Tras el curado y desinfección, las guías se ajustaron en boca para verificar su precisión (Figura 1A); el procedimiento fue desarrollado por un operador experto.

Se realizó el fresado con el sistema Ultra DRILL®, el cual se compone de fresas de acero inoxidable de longitud 23 mm y diámetro 0,90mm. Así mismo se utilizó motor X Smart Plus® a 900 rpm y torque de 4 N·cm, irrigando con suero fisiológico (Figura 1B), se tomaron radiografías periapicales cada 3 milímetros de avance para verificar centricidad, Se utilizó ultrasonido como

maniobra adicional (Figura 1C) y se consideró terminado el acceso al alcanzar el conducto con una lima K #10 (Figura 1D).

Una vez finalizado el procedimiento, el cual tuvo un tiempo de duración aproximado de 2 horas y una longitud de trabajo alcanzada de 22 milímetros, se solicitó una tomografía CBCT posoperatoria de Volumen Parcial de Alta Resolución o Segmentada, para comparar con la planificación preoperatoria y calcular la desviación angular. También se registraron las maniobras complementarias utilizadas. Se utilizó un formato diseñado en Microsoft Excel® para diligenciar los datos recolectados de acuerdo a las variables establecidas; se programó nueva cita para finalizar el tratamiento endodóntico una semana después, el cual fue llevado a cabo de manera exitosa.

4.5 Implicaciones Bioéticas

De acuerdo con el capítulo I artículos 5-16 de la Resolución 8430 de 1993, se indica que el presente estudio se clasifica en “riesgo mayor que el mínimo” ya que se realizó un procedimiento endodóntico en el paciente, el cual firmó su correspondiente consentimiento informado (Ver apéndice Consentimiento Informado); así mismo se contó con aprobación del Comité de Ética de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga.

Figura 1. Procedimientos para alcanzar el conducto calcificado: (A) Ajuste de endoguía en cavidad oral (B) Acceso al conducto calcificado por medio de fresas Ultra DRILL®. (C) Uso de Ultrasonido como maniobra adicional (D) Radiografía periapical donde se observa acceso a conducto alcanzado



5. Resultados

En la evaluación tomográfica preoperatoria se observó una calcificación severa del conducto radicular, lo que justificó la planificación de un acceso al conducto calcificado mediante endoguía. En la vista panorámica inicial y en la reconstrucción tridimensional preoperatoria se evidenció la obliteración parcial del conducto, confirmada también en los cortes transversales.

La planificación virtual indicó un ángulo de acceso de 38,38° y una longitud de trabajo de 23,5 milímetros. Posteriormente, la tomografía posoperatoria mostró que el acceso se realizó con un ángulo final de 43,44° y una profundidad de 22 mm, lo que representa una diferencia angular de 5,06° respecto a la planificación inicial. En cuanto a la cantidad de tejido removido, el volumen del diente preoperatorio se estableció en 0,529ml, mientras que el volumen posoperatorio fue de 0,514ml [Tabla 1].

Durante el procedimiento fue necesario el uso de ultrasonido como maniobra adicional para rectificar el trayecto de acceso y localizar el conducto calcificado. Finalmente, la vista panorámica posoperatoria confirma la permeabilización exitosa del conducto radicular. Las imágenes de las tomografías preoperatoria y posoperatoria se visualizan en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Tabla 1. Comparación de parámetros preoperatorios y posoperatorios.

Parámetro	Preoperatorio	Posoperatorio	Diferencia
Ángulo (°)	38,38	43,44	+5,06
Maniobras adicionales	No	Ultrasonido	—
Cantidad de tejido removido (ml)	0,529ml	0,514ml	0,015ml

Figura 2. Imágenes de CBCT preoperatoria: (A) Vista panorámica preoperatoria donde se observa la planificación inicial de la trayectoria de acceso. (B). Reconstrucción tridimensional (3D view) preoperatoria que muestra la orientación del conducto calcificado y la guía virtual planificada. (C). Vista implantológica preoperatoria con la trayectoria planificada, indicando el ángulo de $38,38^\circ$ y la profundidad de 23,5 milímetros.

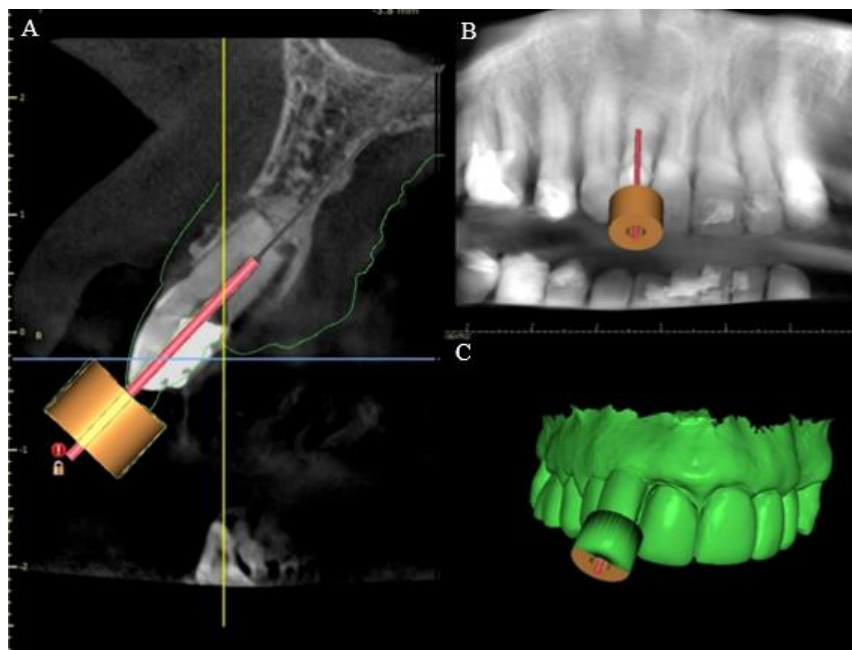
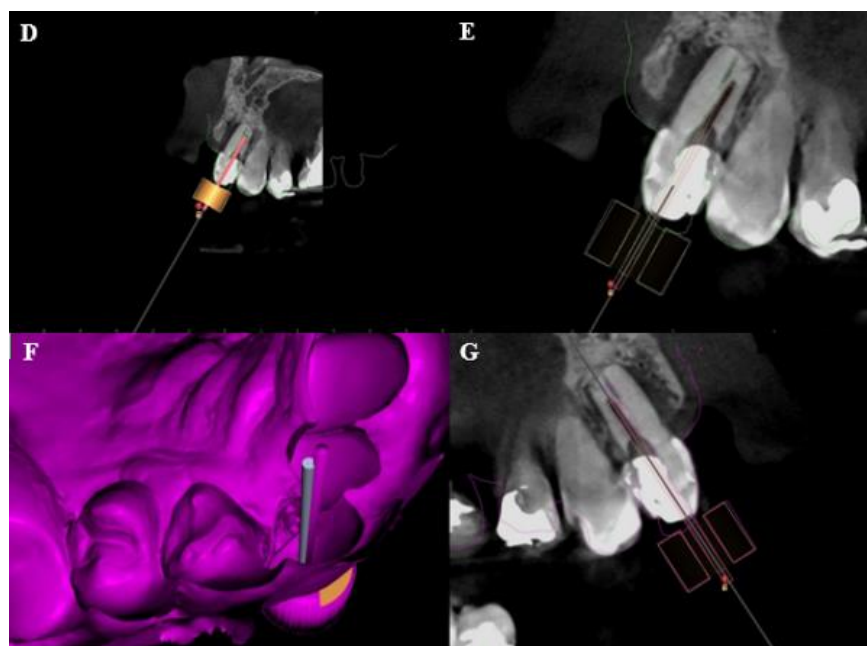


Figura 3. Imágenes de CBCT posoperatorias: (D y E) son vistas posoperatorias que demuestran el acceso logrado al conducto, con un ángulo final de $43,44^\circ$ y una profundidad de 22 milímetros. F. Reconstrucción tridimensional posoperatoria donde se aprecia el trayecto realizado y la conservación de la estructura dentaria. (G). Vista sagital de la dirección de la fresa y ubicación del espacio del conducto radicular.



6. Discusión

De acuerdo con la desviación angular observada en la presente investigación, ($5,06^\circ$), este valor es mayor que el promedio reportado en la literatura sobre endodoncia guiada, donde las desviaciones angulares reportadas han sido de 1 a $4,7^\circ$ aproximadamente. Jahanbakhsh (2020) reportó desviaciones cercanas a $1,7^\circ$, con navegación dinámica, mientras que Su et al. (2021) informaron en estudios con navegación dinámica en dientes calcificados valores cercanos a $4,69^\circ$. En el presente estudio, el aumento en la desviación angular pudo deberse a que la tomografía preoperatoria, la cual fue practicada en la investigación anterior, no fue realizada con parámetros específicos para planificación endodóntica, sino que tuvieron en cuenta los datos de la tomografía de alta resolución para confeccionar la endoguía, antes de obtener los resultados definitivos de su investigación.

Según Cuellar, Palomino y Pulecio, 2025, la tomografía más precisa en la parte central del trayecto de la fresa fue la tomografía de volumen completo mientras que la tomografía de alta resolución de volumen parcial arrojó puntos diferenciales de hasta 1,20mm, lo que se traduce en un riesgo clínico en zonas críticas de calcificación; esto se considera como fuente principal de sesgo y afecta directamente la precisión angular.

Otros factores que podrían explicar el aumento en la desviación angular con relación a los valores reportados en la literatura revisada son: la calcificación extensa y la anatomía particular del conducto, los cuales pudieron haber influido en dicha desviación (Jahanbakhsh 2020) (Su et al. 2021). Así mismo, algunos autores han reportado que la precisión disminuye cuando la trayectoria es profunda y la calcificación es extensa (Li et al., 2025; Su et al., 2021). Además, indican que los valores mínimos de desviación se deben a que son realizados ex-vivo y con

condiciones que pueden ser fácilmente controladas como por ejemplo la ausencia de movimiento del paciente, fabricación de guía y montaje en modelos de simulación.

En cuanto al volumen de tejido removido, se mostró que la pérdida de 0,015 ml (15 mm³) de dentina se encuentra en el rango reportado por la literatura en accesos guiados. Loureiro et al. (2020) observaron que en incisivos mandibulares tratados con acceso guiado la reducción volumétrica promedio fue de 26,5 mm³, mientras que en molares superiores fue de 45,7 mm³, cifras mayores que las encontradas en el presente estudio. Sin embargo, investigaciones más recientes como la de Hildebrand et al. (2025) informaron pérdidas de 9 a 14,3 mm³ en accesos guiados, mientras que los accesos convencionales removieron entre 15 y 24,2 mm³. Bansal et al. (2025) también reportaron pérdidas promedio de 17,19 mm³ en accesos guiados frente a 38,85 mm³ en convencionales. Estos datos confirman que el presente resultado se ubica en el rango inferior de remoción de dentina, lo que sugiere un acceso conservador y eficiente.

Por otro lado, según las maniobras adicionales para acceder al conducto, en la presente investigación, la única que se registró fue el uso de ultrasonido. La literatura también reporta que, aun con endoguía, generalmente se requieren ayudas como microscopio operatorio, exploradores o ultrasonido (Freire et al., 2021). Sin embargo, el haber requerido una sola maniobra adicional, confirma que la guía facilitó un acceso conservador y disminuyó la necesidad de procedimientos que pudiesen ser más invasivos. Según Muryani et al. (2025), uno de los beneficios de la endodoncia guiada es la reducción del tiempo operatorio y de las maniobras auxiliares en comparación con las técnicas convencionales.

La principal limitación de este estudio fue el tamaño de la muestra (n=1), ya que, durante el desarrollo de la misma, se estableció comunicación con un participante, de los 4 correspondientes a la investigación anterior; esto impidió realizar análisis estadísticos más

profundos. Así mismo, la heterogeneidad de protocolos clínicos de aplicación, respecto a la literatura encontrada, dificultó realizar comparaciones directas entre los resultados hallados.

A pesar de ello, el estudio aporta una visión exploratoria del uso de endodoncia guiada y puede dar pie a investigaciones más amplias, donde se comparen mayor número de casos de conductos calcificados con métodos convencionales. No obstante, la mayoría de los estudios sobre endodoncia guiada publicados revisados, son reportes de caso o series pequeñas, posiblemente debido a la relativa novedad de la técnica y a las dificultades que implica su aplicación clínica en un ámbito investigativo (Peña-Bengoa et al., 2023). De hecho, según Hildebrand et al., 2023, aún falta evidencia clínica robusta para establecer protocolos estandarizados y validar de manera concluyente los beneficios del acceso guiado.

Adicionalmente, factores técnicos como la calidad de la imagen CBCT, la fidelidad en la superposición de escaneo intraoral y tomografía, el diámetro de la fresa en relación con el cilindro de la guía y la estabilidad intraoperatoria pueden influir en la precisión final (Su et al., 2021). En la presente investigación, estas variables pudieron haber condicionado los resultados, aunque sin comprometer el acceso final al conducto.

6.1 Conclusiones

1. A partir del reporte de caso, se puede concluir que la desviación angular con la endoguía aumentó al planificar la endoguía a partir de la Tomografía de Volumen Parcial o Segmentada, ya que las diferencias en puntos críticos de calcificación afectan la precisión angular.
2. Se confirma que el volumen de tejido removido en este caso favoreció la preservación de la estructura dental remanente.

3. El uso de endoguías disminuye la necesidad de intervenciones adicionales y reduce la complejidad operatoria, lo cual representa una ventaja sobre las técnicas convencionales.

Presente el aporte del desarrollo del trabajo en concordancia a la justificación presentada.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar futuras investigaciones que comparen un mayor número de casos y técnicas de acceso a conductos calcificados con endoguías frente a técnicas de acceso a conductos calcificados con métodos convencionales. Así mismo, se recomienda unificar protocolos clínicos para poder ser comparables.

Referencias

- Alattas M. H. (2025). The Role of 3D Printing in Endodontic Treatment Planning: A Comprehensive Review. *European journal of dentistry*, 19(2), 298–304. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1791242>
- American Association of Endodontists & American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. (2015). Use of cone-beam computed tomography in endodontics: Joint position statement (2015 update). **Journal of Endodontics*, 41*(9), 1393–1396. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.013>
- Bansal, R. K., Bansal, M., Garg, R., & Bansal, D. (2025). Comparison of tooth substance loss and angle deviation in access cavity preparation using guided endodontics and conventional method in calcified canals – An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 28(1), 90–95. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_533_24
- Braga Diniz, J. M., Diniz Oliveira, H. F., Pinto Coelho, R. C., Manzi, F., Silva, F. E., Carvalho Machado, V., Ribeiro Sobrinho, A. P., & Fonseca Tavares, W. L. (2022). Guided Endodontic Approach in Teeth with Pulp Canal Obliteration and Previous Iatrogenic Deviation: A Case Series. *Iranian endodontic journal*, 17(2), 78–84. <https://doi.org/10.22037/iej.v17i2.36830>
- Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., Mortensen, D., & Bjørndal, L. (2016). Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *International endodontic journal*, 49(8), 790–795. <https://doi.org/10.1111/iej.12516>
- Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., & Bjørndal, L. (2019). Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans - an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. *International endodontic journal*, 52(5), 559–568. <https://doi.org/10.1111/iej.13038>
- Chavez de Paz L. E. (2007). Redefining the persistent infection in root canals: possible role of biofilm communities. *Journal of endodontics*, 33(6), 652–662. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.11.004>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2018). Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: A comparative study on

- substance loss using 3-dimensional-printed teeth. *Journal of Endodontics, 45*(3), 327–331.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- Connert, T. K. (2021). Influence of clinical experience on guided endodontics: A study on the learning curve and accuracy in a preclinical setting. *Journal of Endodontics*, 47(3), 405-410.
[doi:doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.004](https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.004)
- Cuellar Tovar, L. V., Palomino Contreras, Y. K. y Pulecio Castro, M. A. (2025). Comparación de la planificación digital en el diseño de endoguías para la localización de conductos calcificados usando tomografía de volumen completo versus tomografía de alta resolución de volumen parcial [Tesis de posgrado]. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia
- Decurcio, D. A., Bueno, M. R., Silva, J. A., Loureiro, M. A. Z., Damião Sousa-Neto, M., & Estrela, C. (2021). Digital Planning on Guided Endodontics Technology. *Brazilian dental journal*, 32(5), 23–33. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202104740>
- Freire, B. B., Vianna, S., Leandro Nascimento, E. H., Freire, M., & Chilvarquer, I. (2021). Guided Endodontic Access in a Calcified Central Incisor: A Conservative Alternative for Endodontic Therapy. *Iranian endodontic journal*, 16(1), 56–59. <https://doi.org/10.22037/iej.v16i1.27427>
- Georges, I., Rita, G., & Zogheib, C. (2023). Guided endodontics in the management of severely calcified teeth: A review. *Endodoncia*, 35(3), 195–201. https://doi.org/10.4103/endo.endo_16_23
- Grossman, L. I. (1991). *Endodontic Practice*. Lea & Febiger, 10th edition.
- Gonçalves, W. F., Garcia, L. D. F. R., Vieira-Schuldt, D. P., Bortoluzzi, E. A., Dias-Júnior, L. C. L., & Teixeira, C. D. S. (2021). Guided Endodontics in Root Canals with Complex Access: Two Case Reports. *Brazilian dental journal*, 32(6), 115–123. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202104537>
- Hargreaves, K. M., & Berman, L. H. (2016). *Cohen's pathways of the pulp* (11th ed.). St. Louis, MO: Elsevier.
- Hegde, V., Mandke, L., Memon, K., Ansari, M., Srilatha, S., & Mujawar, A. (2024). Dynamic navigation in endodontics: A comprehensive literature review. *Journal of conservative dentistry and endodontics*, 27(12), 1202–1210. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_551_24

- Hirschberg, C. S. (2019). Management of calcified root canals. *British Dental Journal*, 227(8), 633-639. doi:doi.org/10.1038/s41415-019-0834-6
- Hildebrand, H., Krug, R., Leontiev, W. et al. Real-time guided endodontics versus conventional freehand access cavity preparation by a specialist– an ex vivo comparative study. *Clin Oral Invest* 29, 232 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06310-8>
- Hsieh, C. Y., Wu, Y. C., Su, C. C., Chung, M. P., Huang, R. Y., Ting, P. Y., Lai, C. K., Chang, K. S., Tsai, Y. C., & Shieh, Y. S. (2018). The prevalence and distribution of radiopaque, calcified pulp stones: A cone-beam computed tomography study in a northern Taiwanese population. *Journal of dental sciences*, 13(2), 138–144
- Hübscher, U., et al. (2020). Dynamic navigation for minimally invasive endodontic access. *Journal of Endodontics*, 46(3), 446-453.
- Ingle, J. I. (1985). Endodontics. *WB Saunders*, 3rd edition.
- Jahanbakhsh, A. (2020). Accessing calcified teeth using dynamic guidance system (Tesis). Medical University of South Carolina. <https://medica-musc.researchcommons.org/theses/522/>
- Janner, S. F., Jeger, F. B., Lussi, A., & Bornstein, M. M. (2011). Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *Journal of endodontics*, 37(8), 1046–1051. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.005>
- Janner, S. F., Jeger, F. B., Lussi, A., & Bornstein, M. M. (2015). Endodontic Working Length Measurement with CBCT: A Comparison with Apex Locators and Conventional Radiography. *International Endodontic Journal*, 48(6), 547–554. <https://doi.org/10.1111/iej.12358>
- Jung, R. E., Schneider, D., Ganeles, J., Wismeijer, D., Zwahlen, M., & Hammerle, C. H. (2020). Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24(1), 92–109

- Kiarudi, A. H., Eghbal, M. J., Safi, Y., Aghdasi, M. M., & Fazlyab, M. (2015). The applications of cone-beam computed tomography in endodontics: a review of literature. *Iranian endodontic journal*, 10(1), 16–25.
- Krastl, G., Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., & Kühl, S. (2016). Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*, 32(3), 240–246. <https://doi.org/10.1111/edt.12235>
- Kulinkovych-Levchuk, K., Pecci-Lloret, M. P., Castelo-Baz, P., Pecci-Lloret, M. R., & Oñate-Sánchez, R. E. (2022). Guided Endodontics: A Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(21), 13900. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113900>
- Li, J., Hu, Y., Ma, Z., Liu, H., Cao, L., & Wei, X. (2025). Accuracy of static-guided endodontics for access cavity preparation with pulp canal obliteration: A randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*, 25, 933. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06275-w>
- Loureiro, M. A. Z., Elias, M. R. A., Capeletti, L. R., Silva, J., Siqueira, P. C., Chaves, G. S., & Decurcio, D. A. (2020). Guided endodontics: Volume of dental tissue removed by guided access cavity preparation—An ex vivo study. **Journal of Endodontics*, 46*(12), 1907–1912. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.008>
- Michetti, J., Maret, D., Mallet, J. P., & Diemer, F. (2010). Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *Journal of endodontics*, 36(7), 1187–1190. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.029>
- Moreno-Rabié, C., Torres, A., Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2020). Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *International endodontic journal*, 53(2), 214–231. <https://doi.org/10.1111/iej.13216>
- Muryani, A., Aripin, D., Dharsono, H. D. A., Rajion, Z. A., & Wicaksono, S. (2025). A systematic review of research on guided access cavity preparation endodontic treatment: Dentin preservation

- perspectives. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 17, 49-63.
<https://doi.org/10.2147/CCIDE.S491632>
- Lopes, N., et al. (2020). 3D Printing and Endodontic Guides: A Review. *European Endodontic Journal*, 5(1), 2–11. <https://doi.org/10.14744/eej.2019.41040>
- Nasiri, K., & Wrbas, K. T. (2023). Management of calcified root canal during root canal therapy. *Journal of dental sciences*, 18(4), 1931–1932. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.06.018>
- Patel, S., Dawood, A., Ford, T. P., & Whaites, E. (2007). The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International endodontic journal*, 40(10), 818–830. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x>
- Patel, S., Brown, J., Pimentel, T., Kelly, R. D., Abella, F., & Durack, C. (2019). Cone beam computed tomography in Endodontics - a review of the literature. *International endodontic journal*, 52(8), 1138–1152. <https://doi.org/10.1111/iej.13115>
- Patel, S. F. (2020). Root canal calcifications: Understanding their etiology and management. *British Dental Journal*, 229(3), 159-166. doi: <https://doi.org/10.1038/s41415-020-1743-z>
- Puri, A., Abraham, D., & Gupta, A. (2024). Impact of Guided Endodontics on the Success of Endodontic Treatment: An Umbrella Review of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Cureus*, 16(9), e68853. <https://doi.org/10.7759/cureus.68853>
- Ribeiro, D., Reis, E., Marques, J. A., Falacho, R. I., & Palma, P. J. (2022). Guided Endodontics: Static vs. Dynamic Computer-Aided Techniques-A Literature Review. *Journal of personalized medicine*, 12(9), 1516. <https://doi.org/10.3390/jpm12091516>
- Saghiri, M. A. (2020). Guided endodontics: A pathfinder for root canal access in complex cases. *Journal of Clinical Medicine*, 9(9), 28-63. doi:doi.org/10.3390/jcm9092863
- Sanz, J. L., Callado, L., Mantale, S., Nicolás, J., Ghilotti, J., & Llena, C. (2025). Cone-Beam Computed Tomography Assessment of the Prevalence and Association of Pulp Calcification with Dental and Periodontal Pathology: A Descriptive Study. *Journal of Clinical Medicine*, 14(4), 1373. <https://doi.org/10.3390/jcm14041373>

- Schröder, M., Kropp, P., Kuhl, S., Filippi, A., & Weiger, R. (2019). Serie de casos: Endodoncia guiada en la práctica clínica. *Journal of Endodontics*, 45 (1), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.10.012>
- Strbac, G. D., Schnappauf, A., Giannis, K., Moritz, A., & Ulm, C. (2017). Guided Endodontics: Accuracy and Efficiency of a Novel Method for Guided Access Cavity Preparation in Teeth with Calcified Root Canals. *Journal of Endodontics*, 43(6), 987–990. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.034>
- Su, Y., Chen, C., Lin, C., Lee, H., Chen, K., Lin, Y., & Chuang, F. (2021). Guided endodontics: Accuracy of access cavity preparation and discrimination of angular and linear deviation on canal accessing ability—An ex vivo study. *BMC Oral Health*, 21*(1), 606. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01936-y>
- Teerawanitsan, S., Chotvorarak, K., & Jirathanyanatt, T. (2025). Effects of Procedural Errors on Root Canal Treatment Outcomes: A Retrospective Cohort Study of Cases Treated by Sixth-year Dental Students. *European endodontic journal*, 10(5), 432–440. <https://doi.org/10.14744/eej.2025.36025>
- Van der Meer, W. J., Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2016). 3D computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.10.018>
- Van der Meer, W. J., et al. (2019). 3D Planning and the Use of a Static Computer-Guided Surgical Guide in Endodontic Surgery. *Journal of Endodontics*, 45(6), 730–735. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.03.004>
- Vasudevan, A., Santosh, S. S., Selvakumar, R. J., Sampath, D. T., & Natanasabapathy, V. (2022). Dynamic Navigation in Guided Endodontics - A Systematic Review. *European endodontic journal*, 7(2), 81–91. <https://doi.org/10.14744/eej.2022.96168>
- Wu, D., Shi, W., Wu, J., Wu, Y., Liu, W., & Zhu, Q. (2011). The clinical treatment of complicated root canal therapy with the aid of a dental operating microscope. *International Dental Journal*, 61(5), 261–266. PMID: 21995374.

- Yang, Y.-M., Guo, B., Guo, L.-Y., Yang, Y., Hong, X., Pan, H.-Y., Zou, W.-L., & Hu, T. (2016). CBCT-aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *BioMed Research International*, 2016, Article ID 4793146. <https://doi.org/10.1155/2016/4793146>.
- Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J*. 2016 Oct;49(10):966-72. doi: 10.1111/iej.12544. Epub 2015 Oct 3. PMID: 26353942.
- Zhang, C., Zhao, X., Chen, C., Wang, J., Gu, P., Ma, J., Wu, D., & Li, J. (2022). The accuracy of using guided endodontics in access cavity preparation and the temperature changes of root surface: An in vitro study. *BMC oral health*, 22(1), 504. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02548-w>
- Zubizarreta-Macho, Á., et al. (2021). Accuracy of Endodontic Guided Access with Static Computer-Aided Techniques. *Journal of Clinical Medicine*, 10(1), 94. <https://doi.org/10.3390/jcm10010094>

Apéndices

Apéndice A. Operacionalización de Variables

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escala medición</i>	<i>de</i>	<i>Valores que asume</i>
Volumen de tejido removido	Volumen de tejido removido al acceder al conducto calcificado	Se calculó en milímetros cúbicos posterior al procedimiento mediante tomografía posoperatoria	Cuantitativa continua	Razón		Milímetros cúbicos.
Desviación generada durante el acceso al conducto calcificado	Diferencia entre el trayecto planificado y el trayecto real de la fresa durante la apertura del conducto calcificado	Fue medida mediante tomografía CBCT, al comparar las imágenes preoperatorias (trayecto planificado) con las imágenes posoperatorias (trayecto real) y determinar el ángulo de desviación generado durante la apertura.	Cuantitativa continua	Razón		Número de grados de desviación entre software y endoguía.
Medidas adicionales requeridas para localizar el conducto calcificado	Intervenciones técnicas adicionales para localizar el conducto radicular calcificado	Descripción de las técnicas adicionales o herramientas utilizadas durante el procedimiento.	Cualitativa	Nominal		Descripción de las maniobras como uso de magnificación, ultrasonido, cambios de fresas, entre otros.

Apéndice B. Instrumento

<i>Paciente</i>	<i>Volumen de tejido removido (milímetros cúbicos)</i>	<i>Diferencia angular entre trayectoria preoperatoria y posoperatoria (grados)</i>	<i>Maniobras adicionales requeridas para encontrar conducto calcificado</i>
<i>1</i>			

Apéndice C. Consentimiento Informado**DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Nombre del Estudio: Determinación de la Exactitud Del Acceso a dientes con Conductos Calcificados, realizado a través de Endoguías basadas en Tomografías

Patrocinador del Estudio / Fuente Financiamiento: Propia de los investigadores

Investigador Responsable: Juan David Sandoval Echavarría
Depto/ 3174278610/ Bogotá DC

El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar (o permitir participar a su familiar o representante), -o no-, en una investigación médica.

Tome el tiempo que requiera para decidirse, lea cuidadosamente este documento y hágale las preguntas que desee al odontólogo o al personal del estudio.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Usted ha sido invitado/a a participar en este estudio porque uno de sus dientes requiere de un tratamiento de conducto, pero dicho conducto se encuentra calcificado. Esto representa un desafío ya que, para lograr finalizar el tratamiento, se deben realizar diferentes maniobras que no se realizan en un tratamiento de conductos convencional.

El propósito de este estudio es determinar la precisión y el volumen de tejido dental removido para localizar un conducto calcificado, esto se realizará a través de endoguías basadas en tomografías.

PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En investigación anterior le fue practicada una tomografía de la zona donde se encuentra el diente afectado para diseñar la endoguía que permitirá localizar el conducto calcificado, por medio de unos programas especializados a través de computador.

1. En el presente estudio, la endoguía diseñada se imprime por medio de una impresora 3D. Luego, el día del procedimiento, la endoguía impresa será desinfectada y luego probada en el diente afectado, verificando que ajuste perfectamente en el mismo.

2. Para acceder al conducto calcificado se utilizará lo siguiente: la endoguía la cual fue diseñada mediante un software y un sistema de fresas especializadas accionadas con un equipo en específico. Se va a acceder 3 milímetros dentro del conducto y se tomará una radiografía para verificar que se está siguiendo el camino propuesto y así, minimizar el riesgo de perforación. Se seguirá el mismo procedimiento hasta alcanzar la porción de conducto que no se encuentra

calcificado. Esto nos permitirá evaluar tres aspectos importantes: si el conducto calcificado se encuentra rápidamente, si se deben utilizar elementos adicionales para ubicarlos o desviación del camino propuesto sin encontrar el conducto.

3. Finalmente, en cualquiera de los tres escenarios que pudiésemos encontrarnos, se tomará una tomografía posoperatoria para evaluar la posible desviación y así tomar las correcciones pertinentes y de ser necesario, la fabricación de una nueva endoguía.

Los resultados obtenidos le serán informados, al igual que a su odontólogo endodoncista tratante, el que le indicará el curso de acción más adecuado para usted (o su familiar o representado), en este caso la continuación del tratamiento de conductos y finalización del mismo.

Usted será informado/a del curso de acción más adecuado para su condición.

BENEFICIOS:

Usted (o su familiar o representado) se beneficiará por participar en esta investigación ya que la endodoncia guiada, al ser un procedimiento previamente diseñado por programas de computador, permite un acceso preciso al conducto calcificado, de esta manera el tejido dental que se remueve es menor, si lo comparamos con las maniobras que se utilizarían al seguir protocolos tradicionales. Así, mismo, la información que se obtendrá será de utilidad para conocer más acerca del problema en estudio (conductos calcificados) y eventualmente podría beneficiar a otras personas con su misma condición.

RIESGOS:

Los riesgos para usted (o su familiar o representado) al participar en esta investigación pueden ser los siguientes: perforación de la raíz del diente, desviación en la trayectoria propuesta por la guía a través de la tomografía, no localización del conducto. Se debe tomar cuenta que al comparar el procedimiento endodóntico tradicional y su contra parte de endodoncia guiada en conductos calcificados; estas complicaciones se presentan con mayor frecuencia en tratamiento convencional de conducto y que se busca su prevención con un tratamiento mas controlado y de mayor beneficio al paciente como lo es la planificación a través de tomografías y no de radiografías.

COSTOS:

Este estudio está siendo financiado por recursos propios (de los investigadores). Por ende, los participantes no asumirán con ningún costo del tratamiento, tales como las Endo guías, tomografías/radiografías e incluso, transporte para asistir a las citas de los procedimientos.

COMPENSACIONES:

Si se llegase a presentar alguno de los riesgos anteriormente mencionados, derivados de la presente investigación, se realizarán procedimientos como sellado de perforaciones, cirugía endodóntica correctiva y fabricación de una nueva guía con sus respectivas modificaciones para localización del conducto.

CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN:

La información obtenida se mantendrá en forma confidencial. Es posible que los resultados obtenidos sean presentados en revistas y conferencias médicas, sin embargo, su nombre (o el de su familiar o representado) no será conocido.

VOLUNTARIEDAD

Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. Usted tiene el derecho a no aceptar participar o a retirar su consentimiento y retirarse (o retirar a su familiar o representado) de esta investigación en el momento que lo estime conveniente. Al hacerlo, usted (o su familiar o representado) no pierde ningún derecho que le asiste como paciente de esta institución y no se verá afectada la calidad de la atención médica que merece.

Si usted retira su consentimiento, sus datos y su endoguía serán eliminados y la información obtenida no será utilizada.

Si usted retira su consentimiento, por motivos de seguridad puede ser necesario que analicemos sus datos obtenidos hasta ese momento. Esto lo haremos asegurando su confidencialidad.

PREGUNTAS:

Si tiene preguntas acerca de esta investigación médica puede contactar o llamar al Dr. Juan David Sandoval Echavarría, Investigador Responsable del estudio, al teléfono 3174278610.

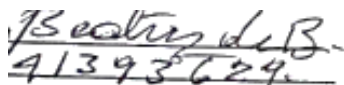
DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO.

- Se me ha explicado el propósito de esta investigación médica, los procedimientos, los riesgos, los beneficios y los derechos que me asisten (o a mi familiar o representado) y que me puedo retirar (o a mi familiar o representado) de ella en el momento que lo desee.
- Firmo este documento voluntariamente, sin ser forzado a hacerlo.
- No estoy renunciando a ningún derecho que me asista.
- Se me comunicará de toda nueva información relacionada con el estudio/ aparato médico que surja durante el estudio y que pueda tener importancia directa para mi condición de salud.
- Se me ha informado que tengo el derecho a reevaluar mi participación en esta investigación médica según mi parecer y en cualquier momento que lo desee.
- Yo autorizo al investigador responsable y sus colaboradores a acceder y usar los datos contenidos en mi ficha clínica para los propósitos de esta investigación médica.
- Conozco que se protegerán mis datos personales y no serán divulgados, según la ley estatutaria 1581 de 2012 (**octubre 17**) [reglamentada parcialmente por el decreto nacional](#)

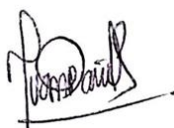
[1377 de 2013](#). por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.

- Al momento de la firma, se me entrega una copia firmada de este documento.

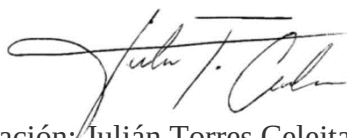
FIRMAS


41393629

- Participante: Beatriz Soto de Boutin CC 41393629 Fecha: 25-01-2025



- Investigador: Juan David Sandoval Echavarría CC 1110544343 Fecha 25-01-2025



- Director de Investigación: Julián Torres Celeita CC 79958920 Fecha 25-01-2025

- Firma de testigos

