

Evaluación In Vitro de la exactitud de los Localizadores Electrónicos de Ápice: Ifive de Denjoy

®. Airpex de Eightteeth ®, Propex Pixi de Dentsply ® con relación al Pre-Ensanchamiento

Claudia Priscila Bermúdez Ramírez, Irmis Alejandra La Rotta Velandia y Juan Camilo Moncada

Velásquez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Especialista en Endodoncia

Directora

Sonia Lancheros Bonilla

Especialista en Endodoncia Universidad Santo Tomás

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en Endodoncia extensión Bogotá

2023

Contenido

1. Introducción	9
1.1. Planteamiento del problema	10
1.1.1 Formulación	13
1.2 Justificación	13
2. Marco Teórico	16
2.1 Marco teórico conceptual	16
2.1.1. Evolución histórica y localizadores apicales	20
2.1.2. Cinemática del método electrónico	23
2.2 Marco teórico referencial	34
3. Objetivos	36
3.1. Objetivo general	36
3.2 Objetivos específicos	36
4. Método	37
4.1 Tipo de estudio	37
4.2 Selección y descripción de participantes Población	37
4.2.1 Inclusión	37
4.2.2. Exclusión	37
4.2.3 Procedimiento	37
4.2.4 Variables a Estudiar	41
5. Cronograma	43
6. Presupuesto	44
7. Análisis estadístico	46
8. Resultados	47
9. Discusión	64
10. Conclusiones	68
11. Recomendaciones	68
Referencias	69
Apéndices	75

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Porcentaje de exactitud de la medición de distintos localizadores apicales y sistemas de limas para pre-ensanchamiento coronal.</i>	33
Tabla 2. <i>Escala de Medición de exactitud según el protocolo de Mandlik, 2013 (Mandlik, y otros, 2013)</i>	41
Tabla 3. <i>Variable Dependiente</i>	41
Tabla 4. <i>Variable Independiente</i>	42
Tabla 5. <i>Cronograma</i>	43
Tabla 6. <i>Presupuesto</i>	44
Tabla 7. <i>Longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual y tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth)</i>	48
Tabla 8. <i>Diferencias en longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth)</i>	49
Tabla 9. <i>Diferencias en longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth)</i>	53
Tabla 10. <i>Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona) versus Método visual</i>	54
Tabla 11. <i>Longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual y tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive Denjoy®, Airpex Eighteeth)</i>	60

Lista de figuras

Figura 1. A. Longitud de trabajo determinada a 1 mm del foramen apical si solo se usa la radiografía, gran parte del conducto quedaría sin preparar. Vértice del instrumento a 0,5 mm del foramen apical. Estas imágenes muestran que el uso de los LEA es obligatorio para la determinación adecuada de la longitud de trabajo.	17
Figura 2. A. Demuestra dos constricciones, la más coronal correspondiente a un cambio abrupto en la morfología y la más apical corresponde a la verdadera constricción apical. B. muestra la constricción apical que se extiende más de 0.1mm de longitud apical.	17
Figura 3. Muestra la constricción apical y el límite de la instrumentación.	19
Figura 4. Gráfico.....	25
Figura 5. Propex Pixi EUR (Dentsply-Maillefer).....	27
Figura 6. Mini IFive (Denjoy).	28
Figura 7. Air Pex (Eighteeth).	29
Figura 8. Anuncio de Cosmos dental, Vol. 28, 1886.	31
Figura 9. Lima TruNatomy™ Orifice Modifier: 020 .08 / 16 mm	32
Figura 10. Comparación de la longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth). A. sin pre-ensanchamiento B. con pre-ensanchamiento. ns: no hay diferencia estadística. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; **** $p < 0.001$	48
Figura 11. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento en método visual.	50
Figura 12. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona).....	51
Figura 13. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy®.....	52
Figura 14. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteeth	52
Figura 15. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy® versus Método visual	55
Figura 16. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteeth versus Método visual, el promedio de acuerdo	

a lo observado se ubica por debajo a cero, lo que indica que este valor negativo sub estima en un 0.2, siendo así, las medidas de AirPex es más pequeña y por consiguiente negativo al restarle el valor visual..... 56

Figura 17. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona) versus Método visual 57

Figura 18. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy® versus Método visual 58

Figura 19. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteeth versus Método visual..... 59

Figura 20. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones precisa (azul), aceptable(rojo), equivocada (verde) sin pre-ensanchamiento 61

Figura 21. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones precisa (azul), aceptable(rojo), equivocada (verde) con pre-ensanchamiento. 62

Figura 22. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificacion de mediciones sobreestimada (azul), precisa (rojo), subestimada (verde) con pre-ensanchamiento..... 62

Figura 23. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones sobreestimada (azul), precisa (rojo), subestimada (verde) sin pre-ensanchamiento..... 63

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Consentimiento Programado para la Donación de Órganos</i>	75
Apéndice B. <i>Instrumento de recolección de datos</i>	77

Resumen

Introducción: La exactitud en la medición de la longitud de trabajo definitiva, es un paso vital en los tratamientos de endodoncia. El método electrónico en las últimas décadas se ha destacado como el método más preciso. El pre-ensanchamiento del tercio coronal tiene como fin dar una vía de acceso a la lima apical inicial (LAI) y se ha previsto como un coadyuvante en el protocolo de preparación quimio-mecánica. **Objetivo:** Evaluar la exactitud de los localizadores Ifive de Denjoy®(IF), Air-pex de Eighteeth®(AP) y Propex-Pixi de Dentsply®(PP) para determinar la longitud de trabajo en dientes con y sin pre-ensanchamiento coronal. **Materiales y Métodos:** se utilizaron 40 dientes unirradiculares extraídos y se determinó su longitud de trabajo sin pre-ensanchamiento y con pre-ensanchamiento mediante medida visual y 3 LEA; tomando la medida visual como referencia y se compararon las medidas de cada dispositivo. Se calcularon las medidas mediante prueba de Shapiro-Wilk, de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Prueba t-student pareada e igualmente se compararon los datos mediante la prueba de ANOVA y un post-test de comparaciones múltiples de Dunnet. **Resultados:** PP tuvo una exactitud de 98,6%; IF tuvo una precisión de 98,2% y AP tuvo una precisión en la exactitud del 96,8% El pre-ensanchamiento mejoró la exactitud en la medición para el AP y no tuvo relevancia para las mediciones del PP e IF.

Palabras clave: Localizadores electrónicos apicales, impedancia electrónica, pre-ensanchamiento

Abstract

Introduction: Accuracy in the measurement of the definitive working length is a vital step in endodontic treatments. The electronic method in recent decades has stood out as the most accurate method. The pre-widening of the coronal third is intended to provide an access route to the initial apical file (LAI) and has been planned as an adjuvant in the chemo-mechanical preparation protocol **Objective:** To evaluate the accuracy of Denjoy® Ifive locators (IF), Air-pex by Eighteeth®(AP) and Propex-Pixi by Dentsply®(PP) to determine the working length in teeth with and without coronal pre-reaming. **Materials and Methods:** 40 extracted single-rooted teeth were used and their working length without pre-enlargement and with pre-enlargement was determined by visual measurement and 3 LEA; taking the visual measurement as reference and the measurements of each device were compared. Measurements were calculated using the Shapiro-Wilk test, for homogeneity of variances with the Levene test. Paired t-student test and data were also compared using the ANOVA test and Dunnet's post-test of multiple comparisons. **Results:** PP had an accuracy of 98.6%; IF had a precision of 98.2% and AP had a precision of 96.8% accuracy. Pre-spreading improved measurement accuracy for AP and had no relevance for PP and IF measurements.

Keywords: Electronic apical locators, electronic impedance, pre-enlargement

Evaluación In Vitro de la exactitud de los Localizadores Electrónicos de Ápice: Ifive de Denjoy ®. Airpex de Eightteeth ®, Propex Pixi de Dentsply ® con relación al Pre-Ensanchamiento

1. Introducción

La exactitud en la medición de la longitud de trabajo definitiva o real, que corresponde histológicamente a la constricción apical del sistema de conductos radicular; es un paso vital en los tratamientos de endodoncia convencional y/o retratamiento que en cierta medida ayudará a predecir el porcentaje de éxito de un tratamiento endodóntico. (Keratioti, et.ál., 2019)

Diferentes estudios han mostrado los métodos usados en la determinación de la longitud de trabajo, entre éstos: el uso de promedios anatómicos, el concepto y conocimiento de la anatomía propia periapical, mediante sensación táctil, la detección de humedad con puntas de papel, radiografías y localizadores electrónicos conocidos por sus siglas en inglés (EAL) (Keratiotis, et.al., 2019). A pesar de contar con tantas técnicas descritas tanto táctil, radiográfica y electrónicamente, el método electrónico en las últimas décadas se ha destacado como el método más preciso en un 99,85%. (Mandlik, et.ál., 2013)

La mayoría de estos dispositivos son adecuados para registrar la conductividad eléctrica de los tejidos alrededor del foramen apical. Generalmente la conductancia en el exterior radicular es mayor que intraconducto y a partir de este principio es que se genera el funcionamiento de estos equipos. (Nekoofar, et.ál., 2006)

El pre-ensanchamiento del tercio coronal o pre-ensanchamiento coronal temprano o cervical se ha descrito como una ampliación previa de la parte más coronal del conducto radicular con el fin de darle una vía de acceso a la lima apical inicial (LAI) sin obstrucciones o interferencias

hacia el límite apical para que el riesgo de separación de instrumentos sea mínimo. Este pre-ensanchamiento debería tener por lo menos el tamaño del primer instrumento rotatorio a utilizar; también se ha previsto como un coadyuvante en el protocolo de preparación biomecánica, en la irrigación entre otros. (Plotino, et.ál., 2020)

Al igual que la longitud de trabajo, el pre-ensanchado puede realizarse con diferentes instrumentos, entre los que se encuentran fresas Gattes Glidden (GG N.º 1, 2 ò 3), limas rotatorias de Niquel - Titanio e insertos de ultrasonido diseñados para este fin. (Plotino, et.al., 2020)

De acuerdo a lo anterior se evidencia en los datos científicos anteriormente suministrados que tanto la determinación de la longitud definitiva de trabajo como el pre-ensanchamiento coronal, son determinantes e importantes en el desarrollo y resultado del tratamiento endodóntico. Surge el cuestionamiento acerca de la influencia que pudiera tener el pre-ensanchado coronal en la determinación de la longitud de trabajo usando localizadores electrónicos de ápice.

En el mercado actual colombiano se encuentran una variedad de localizadores electrónicos apicales que varían tanto en su presentación como en su costo; algunos de los más recientes son poco conocidos y no se encuentra evidencia científica que soporte su exactitud para considerar su efectividad en el uso clínico, al comprarlos son los más reconocidos y estudiados en años anteriores.

1.1. Planteamiento del problema

El objetivo principal de la terapia endodóntica es obtener una adecuada desinfección y conformación del sistema de conductos radiculares para promover la cicatrización y lograr el selle tridimensional del mismo. Un paso importante es determinar la longitud de trabajo, la cual indica el límite apical al cual se realiza la instrumentación y obturación y que según diferentes estudios

es la constricción dentinocementaria (Morgental, et. ál., 2011). La correcta determinación de la longitud de trabajo puede mejorar el éxito del tratamiento endodóntico. (Morgental, et. ál., 2011) (de Camargo, et. ál., 2009)

Se ha determinado que la localización exacta de la constricción apical es un punto crítico en la terapia endodóntica, también se conoce como diámetro de constricción menor y marca la transición entre el tejido pulpar y periodontal. Tradicionalmente, la longitud de trabajo se ha determinado mediante radiografías y localizadores electrónicos de ápice (EAL) (de Camargo, et. ál., 2009).

En el estudio de Yamaguchi et ál (2018), se encontró que las causas de fracaso endodóntico fueron: el 23% de casos fueron ápices abiertos. 11% cuando existan perforaciones, 5,2% conducto no permeable y transportación con 9,2 %. Lo anterior confirma la importancia de establecer de manera correcta la longitud de trabajo para realizar una adecuada preparación y obturación del sistema de conductos radiculares.

En el estudio de Martins, et.al. (2014), han encontrado que el ápice anatómico en la mayoría de los casos no coincide con el ápice radiográfico; la radiografía ofrece una imagen bidimensional de un objeto tridimensional y junto con la superposición de estructuras puede dificultar la localización exacta del ápice radicular. Esta distancia varía de 0,5 a 1,5 mm, por lo cual el método radiográfico no se considera el método más exacto para determinar la longitud de trabajo. De acuerdo con esto, la utilización del localizador electrónico constituye el método más exacto en la ubicación de la constricción apical y por lo tanto en la determinación de la longitud de trabajo. (Martins, et. ál., 2014)

Los avances tecnológicos han influido en el desarrollo de los localizadores electrónicos de ápice; algunos de estos dispositivos incluyen la medición de la resistencia del conducto radicular

et ál por medio de la impedancia utilizando una o varias frecuencias. Las últimas generaciones de localizadores apicales proporcionan mayor exactitud para la toma de longitud definitiva de trabajo; Sin embargo, en el uso del LEA pueden encontrarse variaciones relacionadas con diferentes factores como la presencia de interferencias en la zona coronal que podrían influir en la exactitud de la medición. Por lo anterior, diferentes autores han planteado el pre-ensanchamiento coronal previo al uso del LEA para mejorar la precisión del mismo. (Suryantor , et. ál., 2017)

En el estudio de Melo, et. ál. (2020), concluyeron que la preparación coronal previa podría proporcionar un mejor acceso de las limas endodónticas conduciendo a una mejor adaptación del instrumento en el tercio apical y una mejora en la precisión de estos dispositivos.

Por otro lado, Brito, et. ál. (2012), mencionaron que existen varios factores que influyen en la precisión de los EAL incluidos tratamientos previos y el tamaño de instrumento de medición en relación con el diámetro del conducto y el foramen apical; ellos sugieren que la longitud de trabajo debe realizarse con una lima #15, ya que limas de menor calibre pueden ser inestables e inexactas en conductos amplios; este concepto ha sido discutido por varios autores llegando a la conclusión de que el tamaño de la lima dependerá del diámetro del conducto radicular.

Existen diferentes generaciones de localizadores, en la actualidad se utilizan los de 4ta y 5ta generación, entre ellos se encuentra el Propex Pixi® (Dentsply Maillefer); este es un dispositivo de quinta generación que mide la impedancia con múltiples frecuencias en ausencia o presencia de humedad. (Ferreira, et. ál., 2019)

Este dispositivo que es ampliamente utilizado en la actualidad por su índice de confiabilidad, ha sido motivo de varias investigaciones. Serna et ál (2020), evaluaron la precisión de 3 localizadores apicales en un estudio in vivo donde encontraron que el Propex Pixi® (Dentsply Maillefer) tuvo un porcentaje de exactitud de 83% a 1mm y 89.99% usado a 0,5 mm lo que indica

ser un dispositivo con un nivel de confiabilidad alto.

En la actualidad se encuentran diferentes localizadores electrónicos apicales multifrecuencia como el Air Pex (Eighteeth) y el Mini Ifive (Denjoy) que, al revisar la literatura, no cuentan con evidencia científica acerca de su desempeño y exactitud.

Por esta razón se considera importante evaluar la exactitud de estos localizadores electrónicos de ápice y determinar la influencia que puede tener en la precisión de los mismos, el realizar o no pre-ensanchamiento coronal del sistema de conductos radiculares.

1.1.1 Formulación

¿Cuál es la exactitud de los localizadores IFive de Denjoy, Air-pex de Eighteeth y el Propex-Pixi de Dentsply para determinar la longitud de trabajo en dientes con y sin pre-ensanchamiento coronal?

1.2 Justificación

El éxito del tratamiento endodóntico depende de una adecuada limpieza, desinfección, obturación tridimensional del sistema de conductos y un paso esencial es determinar la longitud de trabajo cuyo componente importante para el establecimiento de esta medida en endodoncia es la correcta localización de la constricción apical CDC, el cual es considerado como el límite apical para la instrumentación y el punto más estrecho para lograr un sellado tridimensional del conducto radicular y promover la cicatrización. (Gordon y Chandler, 2004)

Estudiar la radiografía de alta calidad, tener conocimiento de las variaciones de la anatomía del conducto radicular, usar la sensación táctil para localizar la constricción apical, observar si el fluido tisular se encuentra en la punta de la lima o punta de papel y así descartar que se localice en

el tejido periodontal son factores que ayudan a tener mayor exactitud de la medición. (Baugh & Wallace)

La razón principal por la que se debe conocer la longitud de trabajo es debido a que la instrumentación más allá de la constricción apical provoca una instrumentación innecesaria de la herida pulpar, además de haber contaminación del conducto radicular, la cual interfiere con la sanación de la herida, y tanto los medicamentos como los materiales provocarán destrucción tisular, inflamación y reacción al cuerpo extraño en el tejido periapical condicionando el éxito del tratamiento endodóntico. (Ricucci y Langeland, 1998)

El método radiográfico permite observar y estudiar directamente la anatomía del conducto radicular. Sin embargo, es imposible determinar la ubicación de la constricción apical. Además, las radiografías son sujeto de distorsión de la imagen y sensibles a técnicas de exposición, angulación e interpretación por parte del clínico (ElAyouti, et. ál., 2001). Los localizadores electrónicos de ápice (EAL), por el contrario, definen la longitud midiendo la impedancia con diferentes frecuencias entre la punta de la lima y las paredes del conducto. Esta es la razón para considerar que los (EAL) son confiables, precisos y altamente reproducibles para localizar el foramen apical mayor, independientemente de la concentración de electrolitos con un porcentaje superior al 93%. (ElAyouti, et. ál., 2002)

Conocer los dispositivos innovadores para el tratamiento de endodoncia que proporcionan terapéuticas rápidas, eficaces y con altos porcentajes de precisión como lo son los localizadores electrónicos de ápice, es indispensable en la práctica endodóntica diaria como especialistas. Existen en el mercado diferentes marcas de localizadores que varían en su presentación, en costos y en evidencia científica en cuanto a su exactitud. El Propex Pixi (Dentsply-Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) es ampliamente comercializado en nuestro medio y que presenta

evidencia científica de su exactitud a diferencia de otros como Mini IFive (Denjoy®) y Air Pex (Eighteeth®) que son más recientes en el mercado nacional y que tienen registro sanitario vigente para su comercialización, pero de los cuales no se encuentra evidencia científica de su exactitud.

Adicional a los localizadores, el procedimiento de pre ensanchado coronal durante el tratamiento de endodoncia es importante para eliminar las interferencias de la dentina cervical. Permite una inserción más fácil de instrumentos manuales o rotativos en la porción apical de los conductos radiculares y evita cambios en la longitud de trabajo (LT) durante la preparación del conducto radicular. (Pécora, et. ál., 2001, 2005)

Según (de Camargo et ál (2009), los dispositivos Root ZX y Mini Apex Locator aumentaron significativamente la precisión para determinar la longitud de trabajo real después del procedimiento de pre-ensanchado.

No se tendrá en cuenta en el presente estudio el localizador apical electrónico Root ZT (J. Morita) considerado el Gold Standard por la cantidad de estudios científicos encontrados en la literatura y no por poseer un porcentaje de exactitud superior al de los demás, por diferentes razones, actualmente, en el mercado nacional no es posible conseguir este localizador con una casa comercial representante, la versión disponible es el root ZX Mini, que no posee las mismas características. Por lo tanto, incluimos en nuestro estudio localizadores disponibles en el mercado nacional.

El Propex Pixi es uno de los más usados en la práctica clínica. moderno, de última generación, con evidencia científica, a diferencia del Air Pex (Eighteeth) y el Mini Ifive (Denjoy) dispositivos de origen chino, de quinta generación y de bajo costo.

Por lo anteriormente expuesto el grupo busca obtener un sustento científico que permita determinar la exactitud de algunos localizadores que se pueden encontrar en el mercado con poca

evidencia y también observar la influencia que puede tener o no realizar el pre ensanchado en la exactitud de la longitud de trabajo; con este sustento, se podrá tomar decisiones de costo-beneficio, y servir para mejorar protocolos clínicos con respecto a la exactitud de la longitud de trabajo y tener así un mejor pronóstico en el tratamiento endodóntico.

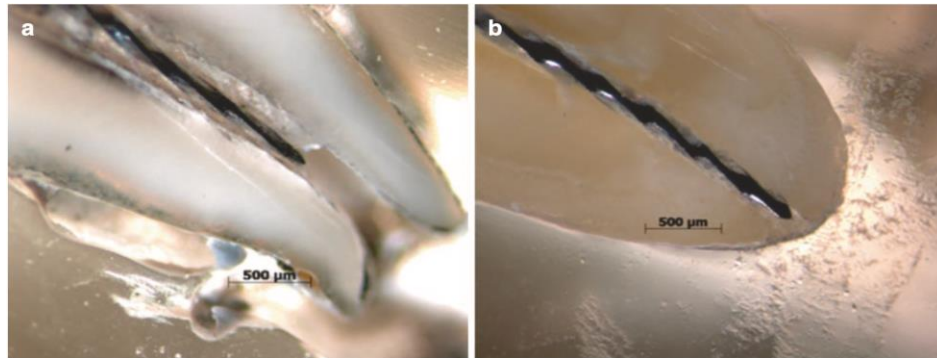
2. Marco Teórico

2.1 Marco teórico conceptual

La longitud de trabajo consiste en obtener una medida que corresponde a la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto donde termina o se aproxime al foramen apical y se basa generalmente en la observación radiográfica. Desafortunadamente, la distancia del ápice radiográfico a la constricción apical es variable, el foramen apical puede coincidir con el ápice anatómico en algunos casos y esto va a depender del tipo de diente, Su diámetro ha sido descrito entre 0,21 y 0,39 mm, la constricción apical; se define como el diámetro más estrecho del conducto radicular (foramen menor) y este se considera el punto ideal para el límite de la instrumentación. (Versiani, et. ál., 2001, 2019)

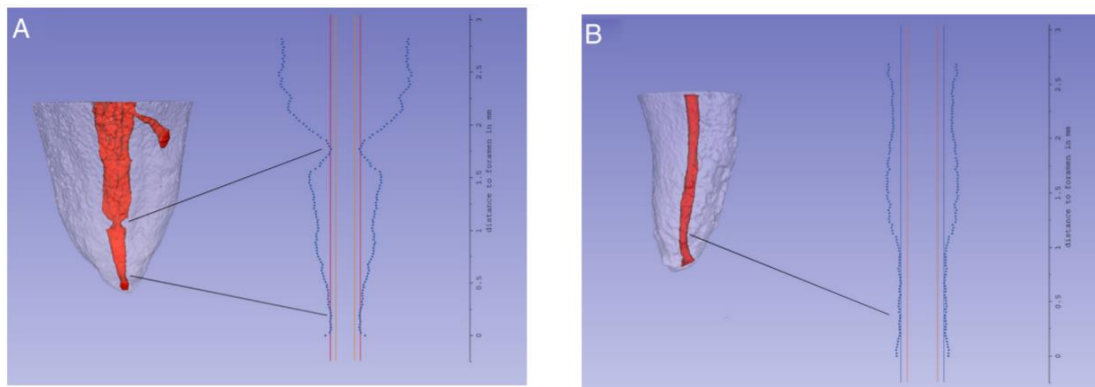
Por otra parte, la unión cementodentinal (CDC) se considera una referencia histológica, es el punto en donde la superficie del cemento termina y se encuentra con la dentina, finaliza el tejido pulpar y comienza el tejido periodontal.

Figura 1. A. Longitud de trabajo determinada a 1 mm del foramen apical si solo se usa la radiografía, gran parte del conducto quedaría sin preparar. Vértice del instrumento a 0,5 mm del foramen apical. Estas imágenes muestran que el uso de los LEA es obligatorio para la determinación adecuada de la longitud de trabajo.



ElAyouti et ál (2014), denominó la constricción apical como el área transversal apical más pequeña extendida a lo largo de una distancia de 0.1mm o más. Si el largo del estrechamiento era menor se consideró como un cambio repentino de la dimensión del canal tal como en el caso de las calcificaciones. Las dimensiones mencionadas de la CA van desde 425-mY y 369-mY siendo los más amplios para incisivos centrales y los más estrechos los incisivos laterales.

Figura 2. A. Demuestra dos constricciones, la más coronal correspondiente a un cambio abrupto en la morfología y la más apical corresponde a la verdadera constricción apical. B. muestra la constricción apical que se extiende más de 0.1mm de longitud apical.



Tomado de ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Apical Constriction: Location and Dimensions in Molars— A Micro-Computed Tomography Study (Versiani, et. ál., 2019)

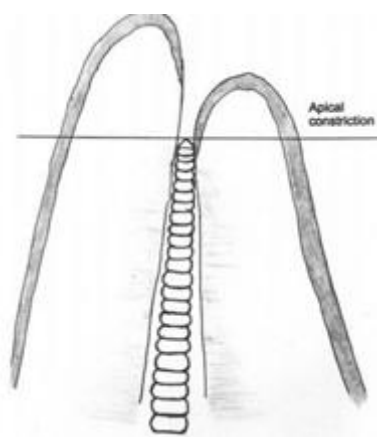
Por otro lado, el *Foramen Apical*; definido como una circunferencia que representa la salida del conducto radicular hacia los tejidos periodontales donde los vasos y las fibras nerviosas inervan tanto la pulpa como el ligamento periodontal y este no está limitado por un patrón característico ya que puede presentar múltiples variables según la anatomía del cada diente en particular. (Estrela, y otros, 2018). Además, su diámetro cambia en un rango 500-1500- μ m y se encuentra mayoritariamente a un costado del vértice apical. (ElAyouti, et. ál., 2014)

Para comprender la importancia de hallar la longitud de trabajo en el tratamiento endodóntico se debe tener en cuenta la anatomía radicular en toda su extensión; el componente más importante para la determinación de la longitud de trabajo en endodoncia es la constricción apical como se presentó anteriormente; este es considerado como el límite apical para la instrumentación y el punto más estrecho para lograr un sellado tridimensional del conducto radicular y promover la cicatrización, por esta razón varios autores ha dedicado diversas investigaciones donde se analiza la extensión, diámetro y localización del CDC (Gordon & Chandler, 2004). Según la literatura y diversos estudios mencionan que la obturación de conductos radiculares se debe dejar lo más cerca como sea posible de este punto, pero es difícil determinar con exactitud la localización del foramen y que esto depende de ciertos factores como lo son la presencia de patología periodontal, edad y la variabilidad de foramen menor. (Gordon y Chandler, 2004)

Gordon y Chandler (2004), mencionaron que la anatomía del foramen apical va cambiando con la edad y que esto determina un factor importante al momento de realizar la medición de la longitud de trabajo. Afirmó que durante la instrumentación es mejor no acercarse a menos de $0,5 \pm 1$ mm del vértice radiográfico ya que en la radiografía existe una variable considerable debido a que es una imagen en dos dimensiones, incluso que la obturación debe quedarse como mínimo a

0.5 mm de donde termina el ápice radiográfico.

Figura 3. Muestra la constricción apical y el límite de la instrumentación.



Tomado de: Ricucci. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1 (Ricucci y Langeland, 1998)

En este punto se hace necesario definir que el sitio ideal de preparación, desinfección y obturación final radicular es el CDC. (Ricucci y Langeland, 1998)

A medida que han evolucionado las técnicas para hallar la correcta longitud radicular; diversos estudios han señalado que durante mucho tiempo este proceso se ha llevado a cabo de muchas maneras, unas más conocidas que otras, como por ejemplo: el uso de promedios anatómicos, el concepto y conocimiento de la anatomía propia periapical, mediante sensación táctil, la detección de humedad con puntas de papel, las radiografías generalmente dan lecturas sobreestimadas con un porcentaje de exactitud de 97,90% y localizadores electrónicos conocidos por sus siglas en inglés (EAL) (Keratiotis, Kournetas, Agrafioti, y Kontakiotis, 2019). A pesar de contar con tantas técnicas descritas tanto táctil, radiográfica y electrónicamente, el método electrónico en las últimas décadas se ha destacado como el método más preciso en un 99,85%

(Mandlik, et. ál., 2013). La mayoría de estos dispositivos son exactos para registrar el inicio del tejido del ligamento periodontal.

2.1.1. Evolución histórica y localizadores apicales

Custer (1918), fue el primero en proponer la idea de que la longitud del conducto radicular podría determinarse utilizando la conductancia eléctrica. Después de este hallazgo en 1942 cuando Sunada (1962), informa de un dispositivo que midió la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, haciendo pruebas en perros que consistía en insertar un instrumento dentro del conducto radicular conectado a un electrodo aplicado a la mucosa oral y registró un valor constante. (Sunada, 1962)

Estos hallazgos fueron cuestionados varios años después Huang (1987), informo que esto no se debía a una característica biológica si no a un principio físico, ya que los conductos debían estar secos y esto representaba inconvenientes en la precisión de los aparatos, a este grupo se les denominó localizadores apicales de primera generación, de acuerdo con esto la investigación fue avanzando en las décadas de los años 1970 y 1980 dando como resultado otras generaciones. (Huang, 1987)

Inoue implementó el Sono – explorer que consistía en un método de medición del cambio de frecuencia, el sonido del dispositivo indicaba la llegada al ápice lo que hizo pensar que las medidas eran provocadas por ondas sonoras, más adelante se creó un modelo posterior el el Sono explorer Mk III y este utiliza un medidor para mostrar el acercamiento al ápice. (Gordon & Chandler, 2004)

Los localizadores de ápice de segunda generación funcionaban con un tipo de impedancia de frecuencia única y usaban estas mediciones en lugar de resistencia del ligamento periodontal a

partir de paso de corriente alterna, La propiedad se utiliza para medir la distancia en diferentes condiciones del canal utilizando diferentes frecuencias (Gordon y Chandler, 2004), más adelante En 1986 Hasegawa (26) introduce el Endocater (Yamaura Seisokushu, Tokio, Japón) este dispositivo consistía en un electrodo conectado a la unidad y una sonda con un material aislante lo que permitía tomar mediciones en conductos húmedos. (Hasegawa, et. ál., 1986)

Debido a esto el uso repetido de estos aislantes causaba rompimiento de estos ocasionando lecturas erróneas; por esta razón después aparecen los localizadores apicales de tercera generación que a diferencia de la anterior generación estos utilizaban múltiples frecuencias, estos localizadores contaban con algoritmos para realizar lecturas mucho más precisas, dentro de ellos se encontraban el Endex/Apit de Saito y Yamashita (1990), demostraron que se puede medir longitudes con electrolitos dentro del conducto, pero este antes debe calibrarse, otro localizador dentro de este grupo apareció gracias a Kobayashi en 1991 con el método de auto calibración Root Zx. (Saito y Yamashita, 1990)

El cambio en la capacitancia eléctrica en la constricción apical es la base para su funcionamiento y gracias a esto ha sido motivo de muchas investigaciones donde reportan una precisión del 90% a 0,5 mm del foramen apical y se convirtió en el punto de referencia para comparar otros localizadores apicales. (Ricucci y Langeland, 1998).

En 1990 aparece la cuarta generación de los localizadores apicales con el Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, RishonLezion, Israel) el fabricante aseguraba que este dispositivo es similar a los localizadores de tercera generación ya que usa 2 frecuencias 400 Hz y 8 KHz y a diferencia de los otros este solo usa una frecuencia a la vez, no posee filtros que separan las diferentes frecuencias reduciendo errores lo que prometía tener muy buena exactitud en comparación con otros EAL, al igual afirman que las medidas de este nuevo localizador posee un

valor cuadrado RMS que significa la energía de la señal medida y gracias a esto es menos propensa a sufrir de distorsiones en amplitud y fase en comparación con otros dispositivos. (Gordon y Chandler, 2004)

Dentro de esta generación también existieron otros dispositivos que hicieron parte de este grupo como la unidad de elementos (SybronEndo, Anaheim, CA, EE. UU.) este aparato toma mediciones de resistencia y capacitancia y las compara con una base de datos para determinar la distancia al vértice radicular. (Gordon y Chandler, 2004)

Los últimos desarrollos de localizadores apicales incluyen el Propex- Propex II (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, EE. UU.) estos hacen parte de la quinta generación de localizadores apicales que consiste en un dispositivo pequeño portátil y de fácil manipulación que funciona basado en múltiples frecuencias para determinar la longitud del conducto radicular (Pishipati, 2013). El fabricante recomienda usar un tamaño de lima que se ajuste al diámetro del conducto para mejor exactitud del dispositivo; diversos estudios han demostrado la influencia del tamaño de la lima y la preparación previa mínima para realizar la toma de longitud de trabajo. (Pishipati, 2013)

Existen varios autores que postulan que los localizadores apicales electrónicos no sólo son útiles para determinar la longitud del diente a tratar, sino que también pueden ser utilizados para detectar perforaciones y posiblemente fracturas radiculares. (Ali, Okechukwu, Brunton, y Nattress, 2013)

Al sospechar una perforación hacia el espacio del ligamento periodontal, accidente también conocido como “Stripping”, se puede ubicar a qué altura ocurrió utilizando el localizador electrónico de ápice con una lima fina. Cuando la punta de la lima llegue al lugar de la perforación, marcará como APEX, ya que, al entrar en contacto con el ligamento periodontal, llegará al mismo valor de impedancia que si hubiese llegado al ligamento periodontal apical (Ali, Okechukwu,

Brunton, y Nattress, 2013). En el caso de las perforaciones, según el estudio en vitro de Azabal, et ál., (2004), los EAL detectan de manera precisa las fracturas horizontales, pero no era confiables en el caso de las fracturas verticales.

2.1.2. Cinemática del método electrónico

Están conformados por electrones, neutrones y protones según Borh en 1913, Nekoofar et ál (2006), describió que el átomo tiene una forma esférica donde está conformado por un núcleo central y electrones en órbita cargados negativamente cuanto más alejados están los electrones del núcleo se encuentran menos unidos a él y por tanto las fuerzas de atracción disminuye al aumentar la distancia. Esto nos lleva a determinar que por ejemplo el cobre tiene en su capa más externa un electrón y cuando gana suficiente energía este se libera haciendo que pueda desplazarse libremente y así hacer del cobre un material conductor para producir corriente eléctrica.

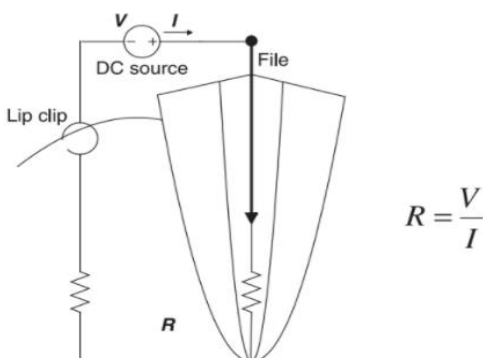
Los átomos que transportan cargas eléctricas se llaman iones y estos iones van a tener una carga positiva o negativa, el catión es un ion que ha perdido electrones y adquiere una carga positiva y un anión es un ion que ha ganado electrones por lo cual tendrá una carga negativa estos electrones no solamente se mueven por un cable sino que también pueden desplazarse a través del agua pero solo si la solución contiene iones dentro de ella, a estos iones se les denomina electrolitos y este es el resultado del movimiento de los iones en una solución. Cuando estos se movilizan favorecen la conductividad y esto dependerá de la carga total y el tamaño de los iones. (Nekoofar, et.al., 2006)

Cuando existe una corriente de electrones libres de un material, estos chocan con los átomos, produciendo que estos electrones pierden energía, por lo tanto, restringen su movimiento y esta restricción va a depender del tipo de material cuya propiedad se llama resistencia y se expresa en ohmios. (Nekoofar, et. ál., 2006)

El ligamento periodontal es un conductor de corriente eléctrica, el cemento y la dentina son aislantes de la corriente. Cuando una lima se acerca al extremo del ápice, la resistencia del extremo de instrumento y la parte apical del conducto disminuyen debido a la longitud del material resistivo (Dentina, fluido, tejido) dentro del conducto radicular. (Nekoofar, et. ál., 2006)

El funcionamiento de los localizadores apicales ha sido de gran controversia debido a que las diversas casas comerciales que ofertan los dispositivos no divulgan la información acerca de su metodología de funcionamiento; no obstante se ha evidenciado a lo largo de los años que estos equipos tienen variedad de formas de funcionamiento encontrándose entre ellos los que funcionan por resistencia, por oscilación de baja frecuencia, por alta frecuencia o capacitancia, por gradiente de voltaje, por dos frecuencias o diferencia de impedancia, por relación de impedancia, por multifrecuencia et ál en los que se desconocen su metodología. (Nekoofar, et. ál., 2006)

Entre los métodos más conocidos se encuentra la conductancia o resistencia eléctrica en donde como su nombre lo dice; a partir de la conducción eléctrica que tienen los tejidos como el ligamento periodontal o la mucosa oral que según Sunada (1962), se aproximó a valores de $6,5k\Omega$, y cuando se toma en cuenta que los tejidos dentales como la dentina, el cemento o esmalte son aislantes de la corriente eléctrica cuando un instrumento endodóntico se aproxima al foramen apical intraconducto la corriente eléctrica aumenta y la iguala cuando toca las fibras del tejido periodontal cerrando así el circuito eléctrico formado entre el gancho colocado en la mucosa oral y la punta de lima intraconducto en contacto con el ligamento periodontal. (Pécora, et. ál., 2005)

Figura 4. *Gráfico*

Tomado de Nekoofar, The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. (Nekoofar, et. ál., 2006)

También se describe la impedancia como uno de los métodos que usan algunos localizadores (Nekoofar, et. ál., 2006). Para entender este método es importante revisar dos conceptos que van ligados. *La impedancia* se define como la cantidad de ohm (Ω) con la cual se opone u obstruye la circulación de la corriente y ésta es la suma de la resistencia más la reactancia. (INET, 2022). La impedancia en el diente se puede medir de acuerdo a la amplitud o sección transversal del conducto y también por la resistividad inherente de los materiales (Dentina-cemento-esmalte). Según este concepto, la utilización del método de impedancia se da a partir de dos frecuencias de dos ondas sinusoidales; una alta (fH) y una baja (fL) y la diferencia resultante de estos dos voltajes será la impedancia. El otro concepto es la *capacitancia*; la cual se define como la capacidad para almacenar cargas eléctricas en un dispositivo que se denomina capacitor.

Basados en estas definiciones; en el diente, su funcionamiento sería de la siguiente forma: cuando la lima se acerca al final del canal, el valor de la capacitancia aumenta bruscamente seguramente por el cambio abrupto de la morfología (más estrecho) (Fisic, 2022). El valor de la

frecuencia alta (f_H) utilizada en los localizadores electrónicos apicales es 5 veces el valor de la frecuencia baja (f_L) por lo que el valor de ambas impedancias se incrementará en el foramen apical y el valor es cercano a 1 y este valor es constante. (Nekoofar, et. ál., 2006)

A una de las conclusiones que llegó el equipo de Nekoofar et ál (2006), fue que si bien es cierto que la mayoría de los dispositivos localizadores electrónicos de longitud apical son capaces de registrar mediante el uso de una lima endodóntica el punto en donde inicia el ligamento periodontal por fuera del conducto radicular (lectura cero) Esto no significa que la constricción menor esté localizada. Por lo cual; según la recomendación de varios autores, a esta medida cero habría que restarle 0.5mm para asegurar una correcta localización, preparación y obturación. Por esta razón los autores declaran no confiar en la lectura de ningún dispositivo para localizar la constricción apical sino el inicio del ligamento periodontal. (Nekoofar, et. ál., 2006)

Se presentan a continuación los localizadores apicales que se usarán en este estudio; iniciando tal vez con uno de los más usados actualmente por muchos Odontólogos por el respaldo proveniente de su casa comercial. El Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Figura 6.) Es la versión más nueva de Propex, es un localizador apical de quinta generación de multifrecuencia recientemente introducido al mercado (Pishipati, 2013). Mide la energía de señales eléctricas de multifrecuencia. La ventaja de este localizador es que, si se encuentra literatura y estudios científicos, y posee representantes en Colombia de gran trayectoria que brindan garantía y servicio ostventa, posee Certificación de Calidad ISO 9001:2008 y CCAA Invima.

Figura 5. *Propex Pixi EUR (Dentsply-Maillefer).*



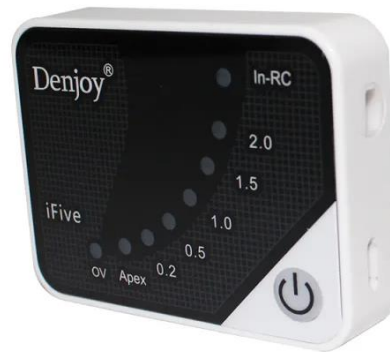
Tomado de (Dentsply Sirona, 2018)

De las siguientes marcas de localizadores no se encuentra actualmente literatura científica que respalde su uso. Sin embargo, en la presentación de cada casa comercial de los productos describen una breve reseña de las frecuencias que utilizan estos dispositivos; los cuales son:

IFIVE- Denjoy, (figura 7) es una empresa de China continental que se especializa en la investigación y desarrollo y fabricación de productos de Medicina Bucal, la Casa Dental Eduardo Daza es representante exclusivo de Denjoy para Colombia. El fabricante exclusivo de productos endo desde 2004. Denjoy Dental Co., Ltd es un fabricante profesional en China dedicado a la producción y comercialización de una línea completa de equipos de endodoncia desde 2004. (Denjoy, 2019)

Tiene una línea completa de equipos de producción e inspección, y todos los productos se fabrican y envían en base a sistema de gestión ISO 13485 con certificado CE 0123 aprobado por TUV Alemania. Las ventajas son la especialidad de los productos, la entrega inmediata y el servicio posventa inmediato. Una desventaja es que no se encuentran soportes o estudios científicos en revistas indexadas. (Denjoy, 2019)

Figura 6. *Mini IFive (Denjoy).*



Tomado de: (Denjoy, 2019)

Air Pex (Eighteeth) (Figura 8) *Eighteeth* como marca comercial, bajo la manufactura de Changzhou Sifary Medical Technology Co., Ltd.; Compañía fundada en 2016. El localizador posee las siguientes especificaciones técnicas: dimensiones de 132mm X 113 mm, pesa 0.35kg $\pm$ 10%, su batería de Litio DC 3.7V 110mAh; una fuente de alimentación de carga de - CA 100-240 V, $\pm$ 10% y su respectiva salida de potencia del cargador de - 5V 1 A. Maneja frecuencias de - 50 / 60Hz, $\pm$ 10%, Grado de protección: - IPX 0 y es Clase I en cuanto a seguridad eléctrica. (Eighteeth, 2021) Su representación en el mercado colombiano es con la casa comercial Dentales Antioquia Ltda.

Figura 7. *Air Pex (Eigtheeth).*

Tomado de. Denjoy (2019)

Y en último lugar, pero con la misma importancia que todos los términos anteriores; es necesario reseñar el Pre ensanchado o ensanchado coronal el cual ha sido definido como un pre-ensanchamiento de los dos tercios superiores del conducto radicular. El pre-ensanchamiento del tercio coronal y tercio medio, previo a la instrumentación del conducto; rectifica el acceso al tercio apical y elimina las interferencias que puedan existir para facilitar el acceso del resto de limas al tercio apical. (Morgental, et. ál., 2011)

Con respecto al Pre-ensanchamiento coronal; tradicionalmente se utilizaban las fresas Gates-Glidden. o usando limas manuales hasta un tamaño de punta de al menos igual a la de la punta del primer instrumento rotativo que se utilizará. (Roland, et. ál., 2002)

La preparación reduce significativamente el transporte del canal y el riesgo de extrusión de barrillo. El preflaring coronal aumenta la precisión de la determinación de la longitud de trabajo y disminuye la cantidad de extrusión de residuos. (Plotino, et. ál., 2020)

Pre ensanchamiento coronal cervical, ensanchamiento coronal previo y pre-ensanchamiento coronal ó ensanchamiento coronal temprano son también términos que han sido utilizados para describir el pre-ensanchamiento del tercio coronal (y a veces el tercio medio) del conducto radicular antes de la determinación del LT (Eigtheeth, 2021). El principal propósito del

pre ensanchamiento es minimizar la fatiga de torsión en la lima dentro del conducto radicular, disminuyendo así el riesgo de fractura del instrumento. (Fogarty y Montgomery, 1991)

A medida que los instrumentos avanzan apicalmente, especialmente en canales estrechos, tienden a dar su forma al canal. En este punto, darle al conducto una forma y tamaño similar a dichos instrumentos encajaría aún más el instrumento a lo largo de las paredes del canal y aumentaría las tensiones mecánicas. (Fogarty y Montgomery, 1991)

Por esta razón, se ha recomendado el preflaring coronal (ensanchamiento coronal previo) para reducir el contacto entre la lima y las paredes de la dentina y para disminuir la curvatura coronal inicial para obtener un acceso en línea recta a los tercios medio y apical del conducto Por lo tanto, el preflaring coronal previene contratiempos iatrogénicos, como perforaciones, bloqueos o transporte de canales, y mejora la eliminación de barrillo dentinal. (Fogarty y Montgomery, 1991)

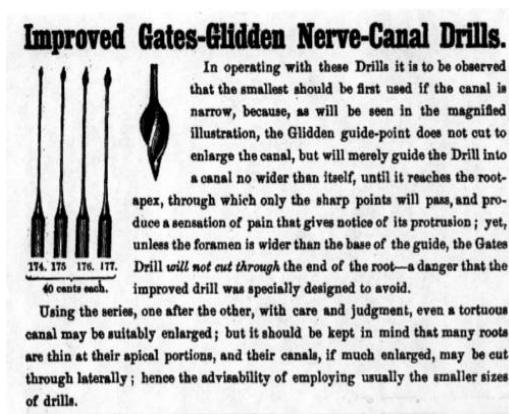
Además, este paso permite una mejor sensación táctil de la constricción apical y el diámetro y mejora la penetración del irrigante en el tercio apical. Además, este paso permite que el instrumento mantenga la flexión previa necesaria para negociar las curvaturas abruptas del canal. (Fogarty y Montgomery, 1991)

Como se evidenció anteriormente, el proceso de pre-ensanchamiento cumple ciertas características y es un paso determinante en la preparación biomecánica endodóntica. Para lo cual se han sugerido varios instrumentos que realizan de manera idónea este paso. Uno de estos son las fresas Gates-Glidden que deben su nombre a dos renombrados odontólogos de la época de 1.800 siendo el primer año de registro de estas en 1.875 que aunque originalmente emergieron como instrumentos distintos no es sino hasta el año 1.888 que se establece una clara diferencia entre ambos instrumentos y ya para el año 1.898 August Maillefer un relojero convertido en dentista u

Odontólogo a los 48 años comienza a producir en masa estas herramientas de corte fabricadas con múltiples usos para la época que eran hacer la apertura inicial del conducto radicular, configurar los tercios medio y coronal radicular e inicialmente incluso hasta el tercio apical. (Fadi, 2015)

Desde entonces las fresas Gates-Glidden han sido fundamentales en el proceso de limpieza y conformación del canal radicular usado tanto por odontólogos generales como por especialistas en endodoncia. Actualmente su uso se ha visto considerablemente disminuido por la emergente aparición de nuevos sistemas que reemplazan su función principal a hoy en día que es darle apertura al tercio coronal del canal radicular. (Fadi, 2015)

Figura 8. Anuncio de *Cosmos dental*, Vol. 28, 1886.



Tomado del artículo de Gutmann. 2017, The Gates-Glidden bur: the search continues. (Fogarty y Montgomery, 1991)

Así mismo Plotino et ál (2020), en su artículo de revisión, en donde reconoce diversas herramientas que han sido utilizadas a través de la historia para realizar el pre-ensanchamiento coronal dentro de las cuales se encuentran las ya mencionadas fresas Gates Glidden N° 1, 2, ó 3. También describe instrumentos como limas de tipo rotatorio de Níquel-Titanio que incluyen limas

diseñadas para darle conformación a la porción cervical del conducto radicular; las conocidas limas orifice opener según cada casa comercial y cada sistema, serán limas endodónticas rotatorias de gran taper o conicidad, pero de corta longitud. (Plotino, et. ál., 2020)

Figura 9. Lima TruNatomy™ Orifice Modifier: 020 .08 / 16 mm



Tomado de. Dentsply Sirona (2018)

Al requerir tener un mayor control y visibilidad de esta preparación se suelen usar insertos de ultrasonido con puntas diamantadas para cumplir con este paso de manera segura. (Mandlik, et.al., 2013)

En el trabajo detallado y minucioso realizado por León-López presenta datos de suma importancia a tomar en cuenta con respecto a los instrumentos usados para el pre-ensanchado coronal. Varios autores detallan el uso de limas y fresas de tipo rotatorio para este paso, dentro de ellas se encuentran las limas Profile.04, tamaños de 9 al 6, (Dentsply-Maillefer) Protaper SX y S1(Dentsply-Maillefer), siendo estas las más usadas por ostentar la punta más pequeña y de conicidad reducida con respecto a las otras que cumplen su misma función, fresas LA Axxess 20/0.06 (SybronEndo) que son las segundas más usadas para pre-ensanchamiento, las ya mencionadas fresas Gates-Glidden, la lima Wave One Primary (Dentsply-Maillefer), la lima Prodesing Logic 25/0.06 (Prodesing Logic) y la lima Hyflex EDM 25/ 0,12 (Coltene-Whaledent). A continuación, se detalla un cuadro que refleja el porcentaje de exactitud de la medición de distintos localizadores

apicales con respecto al uso de cada uno de estos instrumentos. (Mandlik, et.al., 2013) (León, et.al., 2021)

Tabla 1. *Porcentaje de exactitud de la medición de distintos localizadores apicales y sistemas de limas para pre-ensanchamiento coronal.*

Instrumentos usados para pre-ensanchamiento coronal radicular	Porcentaje de Exactitud SIN pre-ensanchamiento (Varía rango según EAL utilizado)	Porcentaje de Exactitud CON pre-ensanchado (Varía rango según EAL utilizado)
Profile.04, tamaños de 9 al 6, (Dentsply-Maillefer)	18,8%	43,8%
Protaper SX y S1(Dentsply-Maillefer)	45%	75%
Fresas LA Axxess 20/ 0.06 (SybronEndo)	46%	100%
Fresas Gates-Glidden	21%	25%
Lima Wave One Primary (Dentsply-Maillefer)	7.7%	15,4%
Lima Prodesing Logic 25/0.06 (Prodesing Logic)	20%	50%
Lima Hyflex EDM 25/ 0,12 (Coltene-Whaledent).	20%	70%

Nota: Se detalla un cuadro que refleja el porcentaje de exactitud de la medición de distintos localizadores apicales reconocidos en el mercado, con respecto al uso de cada uno de estos instrumentos. Tomado de León-Lopez 2021

Ya que se han descrito en cierta medida los instrumentos más usados para el pre-ensanchamiento; aunque se tiene conocimiento de muchos otros sistemas usados, pero probablemente no tan conocidos, surge ahora la pregunta acerca de los procesos, protocolos y pruebas que se realizan haciendo este tipo de estudios, por lo cual a continuación se desarrollará el tema en torno a esto.

León et ál (2021), estudiaron los medios en los que generalmente se realizaban estudios in vitro de localizadores apicales pensando en que probablemente el medio utilizado pudiera cambiar las mediciones que arrojaban los localizadores apicales electrónicos. Allí estudió entre el alginato tipo II, gelatina sin sabor, agar al 1% y espuma fenólica de célula abierta (espuma floral). Encontrando que; entre ellos el que mejores resultados mostró con el menor índice de variabilidad de 1,0mm en la medición del foramen apical a la punta de la lima fue el alginato tipo II. (Baldi, et. ál., 2007)

2.2 Marco teórico referencial

Según el estudio realizado por De Camargo et al. en donde comparó el rendimiento de cuatro diferentes tipos de localizadores electrónicos apicales; el Root ZX (J. Morita Corp, Tokyo, Japan), Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (Sybron Endo, Sybron Dental, Anaheim, CA), Mini Apex Locator (Sybron Endo, Sybron Dental), and Apex DSP (Septodont, Saint-Maur des Fossés, Cedex, France). Revisando la influencia que pudiera tener el pre-ensanchamiento coronal en la medición de la exactitud de los distintos localizadores; encontraron que entre los cuatro dispositivos, los localizadores apicales Root ZX y Mini Apex Locator fueron significativamente más precisos en la medición de la longitud de trabajo real después de realizar pre-ensanchamiento. Sin embargo la mayoría de los dispositivos evidenciaron una determinación aceptable de la longitud de trabajo a excepción del Apex DSP, que tuvo la precisión más baja. (de Camargo, et.al., 2009)

Por otro lado, cuando Brito - Junior et al. buscaban determinar si el pre-ensanchamiento previo y el tamaño de la lima de medición tenían efectos sobre la precisión de dos localizadores electrónicos apicales (El the Root ZX and Novapex) encontraron que ambos dispositivos

resultaron tener mediciones aceptables. También reportaron que el pre-ensanchamiento coronal previo a la medición incrementó significativamente la precisión de las mediciones hechas con los localizadores más allá del uso de un tamaño específico de limas de medición. (Brito, et.al., 2012)

Según Saritha et al. existen varios factores que pueden influir en las mediciones electrónicas como el tamaño del instrumento de medición, el diámetro de la constricción apical y el material de irrigación es este estudio evaluaron el efecto del pre-ensanchamiento y el tamaño de la lima de medición en la precisión de dos localizadores apicales Root ZX y Epex Pro. Sus resultados mostraron que el procedimiento de pre-ensanchamiento tiene un efecto más significativo sobre la localización apical en comparación con el tamaño de la lima. (Saritha , et.al., 2021)

Un estudio realizado por Dornelles Morgental et al tuvo como objetivo comparar la precisión de tres localizadores de ápice electrónicos (EAL) y evaluar la influencia del preflaring cervical en ellos. se utilizaron 30 dientes extraídos, se tuvo una medida de referencia visual con magnificación, y se comparó las diferencias entre la Longitud electrónica de Novapex, Mini Apex Locator y Propex II con respecto a la referencia de longitud visual dando como resultado que el localizador Novapex fue más preciso en comparación con el Mini Apex y el Propex II. y lo más importante que nos sirve de base para nuestro estudio es que todos los EAL aumentaron su precisión después del pre-ensanchamiento coronal. (Morgental, et.al., 2011)

Según Nagrani hicieron una revisión sistemática con el objetivo evaluar la literatura con respecto al efecto del pre-ensanchamiento versus el no ensanchamiento del conducto radicular sobre la precisión de los localizadores de ápice en un estudio experimental in vitro; Se concluyo que la preparación cervical en los conductos radiculares aumenta significativamente la precisión de los localizadores de ápice. (Serna, et.al., 2020)

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar la exactitud de los localizadores Ifive de Denjoy, Air-pex de Eighteeth y Propex-Pixi de Dentsply para determinar la longitud de trabajo en dientes con y sin pre-ensanchamiento coronal.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la exactitud del Propex-pixi de Dentsply en la especificación de la longitud de trabajo con y sin pre-ensanchamiento coronal
- Determinar la exactitud del IFive de Denjoy en la delimitación de la longitud de trabajo con y sin pre-ensanchamiento coronal
- Determinar la exactitud del Air-Pex de Eigtheeth para ubicar la longitud de trabajo con y sin pre-ensanchamiento coronal.
- Observar qué influencia tiene el pre-ensanchamiento coronal en la medición de la longitud de trabajo.
- Comparar los diferentes localizadores en la determinación de la longitud de trabajo con y sin pre-ensanchamiento coronal.

4. Método

4.1 Tipo de estudio

El Tipo de estudio indicado es el Estudio experimental in vitro tipo *pre-test /post-test*

4.2 Selección y descripción de participantes Población

Dientes unirradiculares extraídos por motivos ortodónticos o enfermedad periodontal, previo consentimiento informado, y que cumplan los siguientes criterios:

4.2.1 Inclusión

- Dientes sanos
- Estructuras coronales y radiculares bien conservadas
 - Formación radicular completa y ápice cerrado
 - Conductos visibles y permeables.
 - Curvaturas máximas de 30°

4.2.2. Exclusión

- Presencia de restauraciones metálicas corono radicular
- Reabsorción radicular
- Fisura o fractura radicular
- Dientes con tratamiento endodóntico previo

4.2.3 Procedimiento

El presente estudio se presentará para su aprobación por el Comité de Ética de la

Universidad Santo Tomás, Posgrado de Endodoncia Extensión Bogotá. Se realizará recolección de la muestra posterior a la firma del consentimiento informado de donación de órganos previamente avalado, sustentado y evaluado por el comité de ética, (anexo 1).

Antes del procesamiento de las muestras experimentales, se realizará una prueba piloto en donde se calibrarán los procesos, los dispositivos a usar; (*Air Pex (Eighteeth)*, *Mini IFive (Denjoy)*, *Propex Pixi EUR (Dentsply-Maillefer)*) los tiempos y se determinarán los roles específicos que cada operador asumirá dentro del estudio a realizar. Para el protocolo de esta prueba piloto se usarán 9 dientes extra a la muestra del estudio en sí. en donde se evalúa 3 muestras por cada dispositivo localizador, usando el mismo protocolo que se describe a continuación.

La fase uno comprenderá, la recolección de la muestra de un total de 40 dientes unirradiculares, se almacenarán en formol al 10% (Nagrani, et.al., 2021) (Dominici, Eleazer, Clark, Staat, & Scheetz, 2001) en un recipiente plástico rotulado, almacenado a temperatura de 22°C (43), se tomarán radiografías previas al procedimiento en diferentes angulaciones con el fin de evaluar los criterios de inclusión.

Una vez se obtenga el conteo total de la muestra se limpiarán las superficies de los restos de tejido orgánico o inorgánico que puedan presentar en su capa externa usando instrumentos como curetas de periodoncia y/o ultrasonido para el retiro de material mineralizado que pueda haber, se sumergirán las muestras en formol al 10% durante una semana para asegurar su completa desinfección. (Nagrani, et.al., 2021)

Las muestras serán enumeradas aleatoriamente del 1 al 40, un mismo operador realizará el acceso y la conformación de las aperturas camerales. Lo realizará en un intervalo de tiempo aproximado de 3 minutos por diente en periodos de tiempo de 18 minutos (6 dientes), se incluirán inmediatamente después de cada tiempo de apertura y conformación 1 tiempo de pausa activa de 8 minutos de duración con el propósito de evitar errores del procedimiento por fatiga del operador. El acceso coronal se realizará con fresas de diamante y piezas de alta velocidad, se removerá el

tejido pulpar restante con una lima tipo K #10, se irrigará con hipoclorito de Sodio (NaOCl) 5.25% utilizando una aguja tipo monojet calibre 27 con ventana lateral.

Otro operador, de manera estandarizada y tomando en cuenta los mismos criterios de tiempos de trabajo y pausa recomendados en el proceso inmediatamente anterior, realizará el desgaste incisal creando un punto fijo, visible y reproducible para que el tope de silicona de la lima quede perfectamente ajustado y no varíe las mediciones que se realicen. (de Camargo, et.al., 2009)

Una vez establecido el punto de referencia coronal; un operador calibrado previamente mediante la prueba piloto será el encargado de establecer la *longitud real* usando primero *el método visual*, Se introduce una lima tipo K #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) intraconducto hasta que la lima sea vista en el foramen o límite apical, usando magnificación microscopía óptica a 16X de aumento (Melo, et.al., 2020) (Implementos D&D); la *longitud total o real* del conducto radicular se ajusta el tope, se retirara la lima y se realizará la respectiva medición desde la punta de la lima hasta la altura a donde fué ajustado el tope de silicona y estas medidas se toman usando un Dentimetro o un Endoblock (Dentsply-Maillefer) y los datos se registran en la tabla de recolección de datos excel. (anexo 2).

Al terminar la fase 1 se fijarán las muestras dentro de una matriz usando una caja o contenedor plástico con alginato (hydrogum 5 - Zhermack®) preparado recientemente (no mayor a 30 min.) o medio que permita determinar la longitud de trabajo usando el *método electrónico* mediante los EAL, Esto, se podrá realizar usando una caja o contenedor plástico con alginato preparado recientemente (no más de 30 min.) Allí se colocará la muestra en el centro y lateralmente haciendo contacto con la matriz, el electrodo del Localizador apical (Clip labial). (Melo, et.al., 2020)

Después de esa primera fase con las muestras. Se procede a fijarlas dentro de una matriz o medio que permita determinar la longitud de trabajo usando el *método electrónico* mediante los EAL. (de Camargo, et.al., 2009)

Se realizará irrigación intraconducto con hipoclorito al 5,25%, Se define según radiografía la lima y se verifica que la lima tenga roce con las paredes del conducto, se retira el exceso de humedad generada por los irrigantes con aspiración o bolitas de algodón. (Morgental, et.al., 2011) (Melo, et.al., 2020)

A continuación, se introducirá la lima tipo K #15 y esta se colocará proporcionalmente intraconducto hasta que la pantalla del dispositivo marque a 0.0, en los tres dispositivos y se ajustará el tope de silicona de la lima. se llevará al Endoblock, se hará la medición y la anotación respectiva en la tabla de datos. (Brito, et.al., 2012)

Se realizará el pre-ensanchamiento con la lima rotatoria modificador de orificios del sistema TruNatomy y se especificarán las revoluciones y el torque del motor y se especificará a la longitud a la que irá, La lima irá hasta el tercio coronal según la medición de cada longitud y recomendaciones de uso del fabricante donde se especifica el tipo de movimiento a usar de la lima. Se irriga el conducto con Hipoclorito de sodio al 5.25%, se retirarán los excesos de humedad del conducto.

Se volverá a realizar la toma longitud real con método visual después de hacer pre ensanchamiento con el mismo protocolo descrito en la fase 1. Luego se vuelve a hacer la toma de mediciones con el método electrónico para cada uno de los localizadores (es posible que cambie la lima a una mayor).

Una vez se tienen todos los datos se pasan a examen estadístico con los valores generados de *longitud de trabajo* frente a la *longitud total o real*. Una vez los datos se han obtenido; mediante pruebas estadísticas como el ANOVA y el Z-test se comparan los datos de los grupos para conocer el porcentaje real de exactitud de cada uno. (Mandlik, et.al., 2013)

Tabla 2. *Escala de Medición de exactitud según el protocolo de Mandlik, 2013 (Mandlik, y otros, 2013)*

Precisa	Medición restringida de 0. a 0.5 por debajo del foramen apical (Longitud de trabajo final)
Aceptable	Rango de medida hasta 1 mm por debajo del foramen apical
Equivocado	Si los valores de la medición eran más altos o bajos que las mediciones aceptables (Mayores de 1mm)

Nota: Se muestra la escala usada en algunos estudios similares que logran con exactitud valores que acercan a la veracidad de los resultados.

4.2.4 Variables a Estudiar

Variables Dependientes

Tabla 3. *Variable Dependiente*

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición	Valores
Exactitud de la medición	La medición precisa que se arroja de los diferentes métodos para la determinación de la conductometría.	Cualitativa		Precisa Aceptable Equivocado
longitud de trabajo	Medición de la longitud de trabajo manual y electrónica que va a cambiar de un diente a otro con el mismo punto de referencia	Cuantitativa	mm	

Nota: Se describe el tipo de variables dependientes a utilizar en el estudio detallando sus características.

Variables independientes**Tabla 4.** *Variable Independiente*

Variable	Definición	Tipo de variable	de Escala de medición	de Valores
Localizador Electrónico de ápice	Instrumento electrónico que opera basándose en la frecuencia, resistencia e impedancia con el cual se tomará la longitud de trabajo, medida en mm	Cualitativa nominal politómica	N/A	Localizador apical electrónico ifive de Denjoy® Localizador electrónico apical de air-pex de Eighteeth ® Localizador electrónico apical del Propex pixi de Dentsply®
Pre-ensanchamiento	Ensanchamiento de los dos tercios superiores del conducto previo a la instrumentación	Cualitativa nominal dicotómica		SI/NO

Nota: Se describe el tipo de variables dependientes a utilizar en el estudio detallando sus características

5. Cronograma

Tabla 5. *Cronograma*

Año 2021	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Actividades												
Fase I												
Selección del tema.					X							
Recopilación de datos.					X	X	X	X				
Elaboración de protocolo.									X	X		
Correcciones.									X	X	X	X
Recopilación de datos.									X	X	X	X
Año 2022												
Fase II												
Correcciones	X											
Entrega de protocolo		X	X									
Sustentación			X									
Correcciones			X	X								
Recolección de Muestras	X	X	X	X								
Prueba Piloto												
Procesamiento			X	X	X							

Año 2021	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
de Muestra												
Recolección de Datos				X	X	X						
Análisis e interpretación					X	X	X					
Elaboración del Documento, redacción y revisión							X	X	X			
Correcciones								X	X	X		
Presentación de Tesis												

6. Presupuesto

Tabla 6. *Presupuesto*

Ítem	Descripción	Valor unitario COP	Cantidad	Costo total COP
Resmas de Papel	Recolección de datos, impresiones	15900	1	15900
Esferos	Útiles de papelería	1625	4	6500
Impresiones Consentimientos Informados	Autorización para utilizar los dientes del estudio	300	60	18000
Carpeta para Consentimientos	Archivar documentos	6200	1	6200
Frascos de Muestras plásticos	Transporte de las muestras	3200	49	16000

Ítem	Descripción	Valor unitario COP	Cantidad	Costo total COP
Formol al 10%	Conservación de muestras	3800 ml	1	48000
Alginato tipo 5 Hidrogun (Zhermack)	Medio que se usará para realizar las pruebas	37000	2	74000
Medidor de Alginato	Instrumento para medir la cantidad de material a utilizar	25000	3	75000
Recipientes Plásticos				
Sistema de Limas Trunatomy (Dentsply Sirona)	Instrumentos a utilizar para realizar el pre.ensanchamiento	70000	6	420000
Suero Fisiológico	Sustancia para realizar la conservación de la muestra	3050	2	6100
Hipoclorito de Sodio	Solución irrigante	6350	5	31750
Agujas Monojet	Agujas de Irrigación para los conductos	1600	40	64000
Guantes	Elementos de Protección Personal	350	100	35000
Algodón	Insumos a utilizar durante las pruebas			15000
Fresas Redondas				
Limas No 15	Instrumentación	48000	5	240000
Impresión de Tesis		30	30	9000
CD		900	1	900
TOTAL		1'135.350		

Nota. Se muestra listado de recursos y costos necesarios durante la investigación

7. Análisis estadístico

Se realizó el registro de datos en hoja de Excel y posteriormente se importó desde STATA IC/15 para el análisis de datos. Se realizó el cálculo de medidas de tendencia central, dispersión y posición para las longitudes de trabajo por cada uno de los métodos y se verificó la normalidad de la distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene.

Se contrastaron los valores de longitud según pre-ensanchamiento en cada uno de los métodos mediante prueba t-student pareada; así mismo, se contrastaron entre métodos antes de pre-ensanchamiento y después mediante prueba de Anova para medidas repetidas con prueba de comparaciones múltiples de Dunnett. Para determinar el nivel de acuerdo entre las mediciones se utilizó el coeficiente de concordancia de Lin y se realizaron gráficos de Bland-Altman.

Para complementar el análisis de la influencia del pre-ensanchamiento en la precisión y estimación de la longitud de trabajo se recodificaron las medidas en: Precisa diferencia con medición visual=0mm; Aceptable=diferencia absoluta hasta 0.5mm y equivocada con diferencias mayores a 1mm; así mismo se realizó la clasificación en precisa con diferencia con medición visual=0mm; sobre-estimada diferencias en favor del localizador y subestimadas con diferencias en favor de la medición visual.

Finalmente, se realizó análisis por regresión passing-Bablok para determinar el acuerdo de los métodos entre el visual y cada uno de los localizadores antes y después de pre ensanchamiento. Se estableció nivel de significancia en 0.05

8. Resultados

Se evaluaron 40 conductos radiculares mediante la medición visual (MV) como Gold Standard y se replicaron las mediciones con los tres sistemas de localización apical Propex Pixi® (Dentsply Sirona) (PP), Ifive (IF) de Denjoy, Airpex Eighteeth (AP); las medidas promedio antes del pre-ensanchamiento fueron mayores en MV ($\Delta=0.363\text{mm}$), PP($\Delta=0.025\text{mm}$) y AP ($\Delta=0.200$) que las obtenidas después de este; mientras que, en IF el promedio de la longitud fue menor antes de pre-ensanchamiento. ($\Delta=0.075\text{mm}$). Las diferencias de longitud antes y después de pre-ensanchamiento fueron estadísticamente significativas para MV y AP ($p<0.05$). (Tabla 1) Al realizar el análisis por sistema de localización apical la longitud de trabajo fue distinta estadísticamente diferente entre los 4 sistemas antes y después de pre-ensanchamiento. (Tabla 1) (Figura 1)

Los análisis por pares con respecto a MV indican que AP presentaba valores de longitud radicular menores en promedio de $0.275\pm0.5767\text{mm}$ antes de modificar el conducto; después de pre-ensanchamiento, tanto el PP y IF presentaron promedios mayores con diferencias de $0.4\pm0.3789\text{mm}$ y $0.4375\pm0.4412\text{mm}$ y con significancia estadística. (Tabla 7)

Tabla 7. Longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual y tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth)

<i>Longitud de trabajo</i>					
	<i>Sin pre-ensanchamiento</i>		<i>Con pre-ensanchamiento</i>		
	<i>Media±DE</i>	<i>Mediana (IQR)</i>	<i>Media±DE</i>	<i>Mediana (IQR)</i>	<i>p</i>
<i>Medida Visual</i>	21.3(±2.5)	21.5 (19.5 ; 22.5)	21.0±2.6	21.0 (19.0 ; 22.0)	0.000 1*
<i>Propex Pixi®</i>	21.3±2.4	21.5 (19.5 ; 22.8)	21.4±2.5	21.5 (19.5 ; 22.3)	0.309 5
<i>Denstply</i>					
<i>IFive Denjoy®</i>	21.4±2.4	21.5 (19.5 ; 22.5)	21.4±2.5	21.5 (19.5 ; 22.5)	0.700 1
<i>Airpex Eighteeth</i>	21.1±2.4	21.3 (19.0 ; 22.5)	20.9±2.4	21.0 (19.0 ; 22.0)	0.033 8*
<i>p (intergrupos)</i>	0.0002*		0.0000*		

*p<0.05

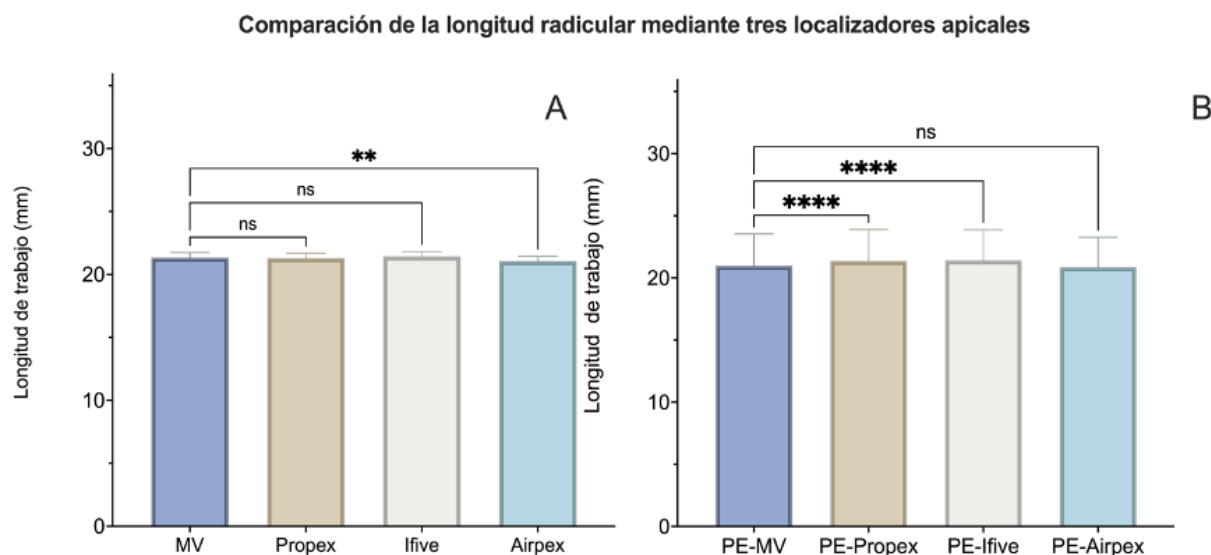
Figura 10. Comparación de la longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteeth). A. sin pre-ensanchamiento B. con pre-ensanchamiento. ns: no hay diferencia estadística. *p<0.05; **p<0.01; ****p<0.001

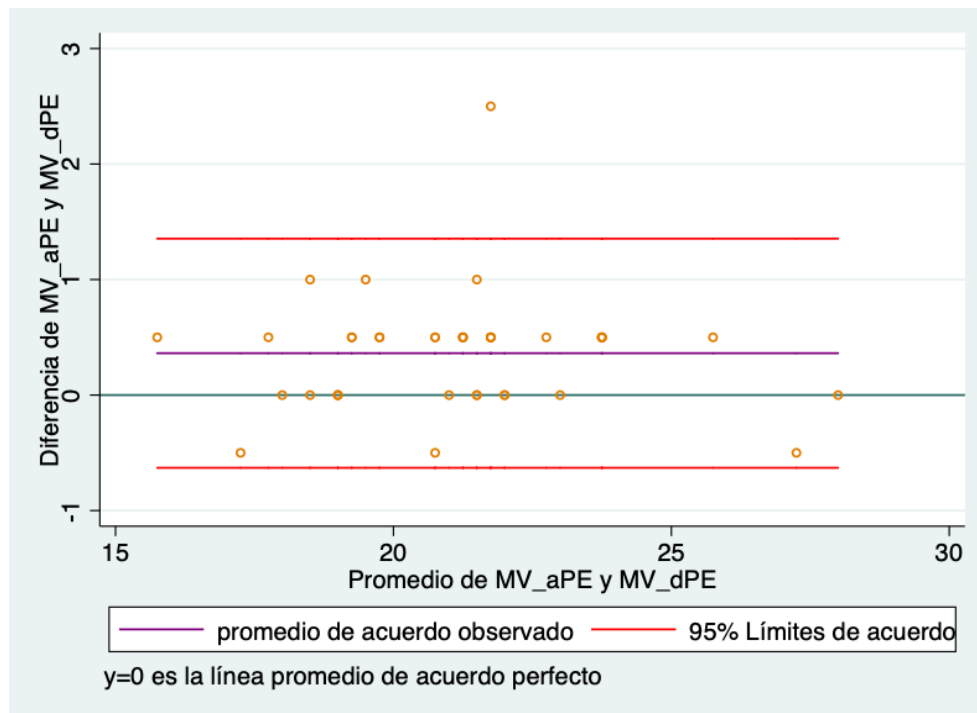
Tabla 8. Diferencias en longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteenth)

<i>Diferencia de longitud de trabajo en mm</i>				
<i>Sin pre-ensanchamiento</i>		<i>Con pre-ensanchamiento</i>		
	<i>Media±DE</i>	<i>Dunnet p</i>	<i>Media±DE</i>	<i>Dunnet p</i>
MV vs PP	0.0375±0.5236	0.9429	-0.4±0.3789	<0.0001*
MV vs IF	-0.1±0.4695	0.4863	-0.4375±0.4412	<0.0001*
MV vs AP	0.275±0.5767	0.0035*	0.1125±0.4734	0.1357

*p<0.05

En complemento se evaluó la concordancia de la longitud de trabajo por cada uno de los métodos antes y después del pre-ensanchamiento y se observó una concordancia alta mayor a 0.96. En orden descendente la concordancia de Ifive Denjoy® fue mayor con CCC=0.986 (IC95%: 0.977;0.995), seguido de Propex Pixi® (Dentsply Sirona) con CCC=0.982 (IC95%: 0.971;0.993), Medición visual con CCC=0.970 (IC95%: 0.952;0.988) y Airpex Eighteenth con CCC=0.968 (IC95%: 0.948;0.988). (Tabla 3)

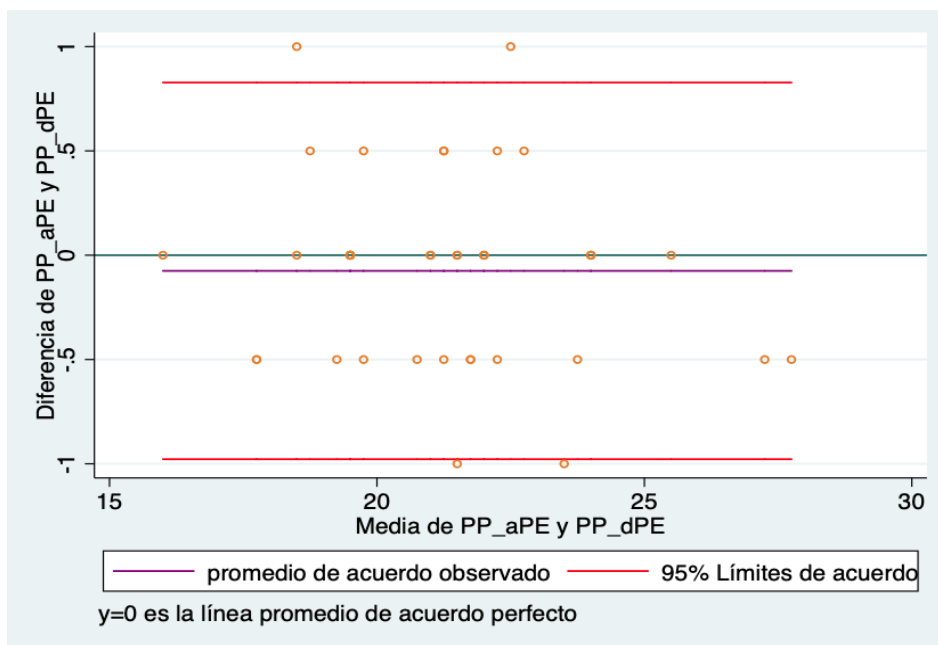
Figura 11. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento en método visual.



aPE: antes del pre-ensanchamiento; dPE: después del pre-ensanchamiento.

La figura 2. de Bland-Altman demostró que hay diferencias entre los datos de la MV aPE y la MV dPE sin embargo se mantienen dentro de los límites de acuerdo y su promedio está por encima de 0, encontrándose entre 0.3 y 0.4 (**Cuando el valor se acerca a 0: el valor se considera más concordante**) Se encuentra solo un dato extremo por encima del límite de acuerdo.

Figura 12. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona)



En la figura 3 de Bland-Altman se observó que el nivel de concordancia para el PP estuvo por debajo de la línea promedio de acuerdo perfecto debido a la distribución de la mayoría de valores, indicando así; que el valor del promedio después de pre-ensanchar generó una subestimación de la medida de longitud. Los límites de acuerdo fueron más amplios y esto pudo deberse a los datos extremos que se presentaron por fuera de los límites tanto sobre-estimados como subestimados. Sin embargo, se presentó dentro de los límites de acuerdo permitidos para PP.

De manera similar se observa en la figura 4 de Bland-Altman en donde se detalla que la línea promedio se encuentra muy cercana a 0, levemente por encima de esta lo que demuestra precisión del IF. Siendo este dispositivo el que más cerca está a 0 y presenta menos diferencias.

Por otro lado, cuando se revisa AP en la figura 5 de Bland-Altman; su línea promedio está cercana (0.2) por encima de la línea 0. Sus datos se mantienen dentro de los límites de acuerdo. Teniendo algunos valores extremos mostrados.

Figura 13. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy®

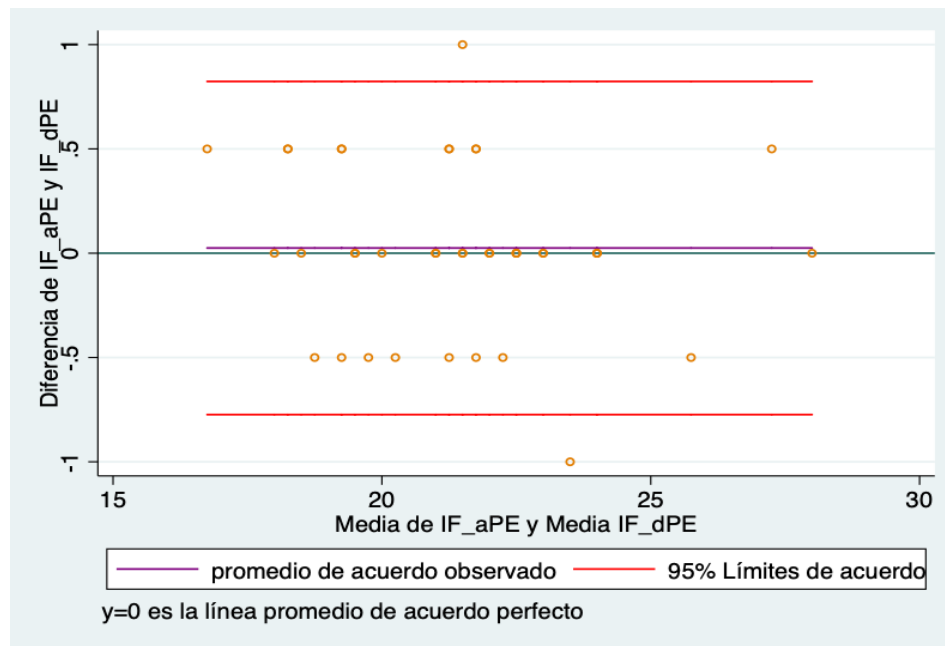
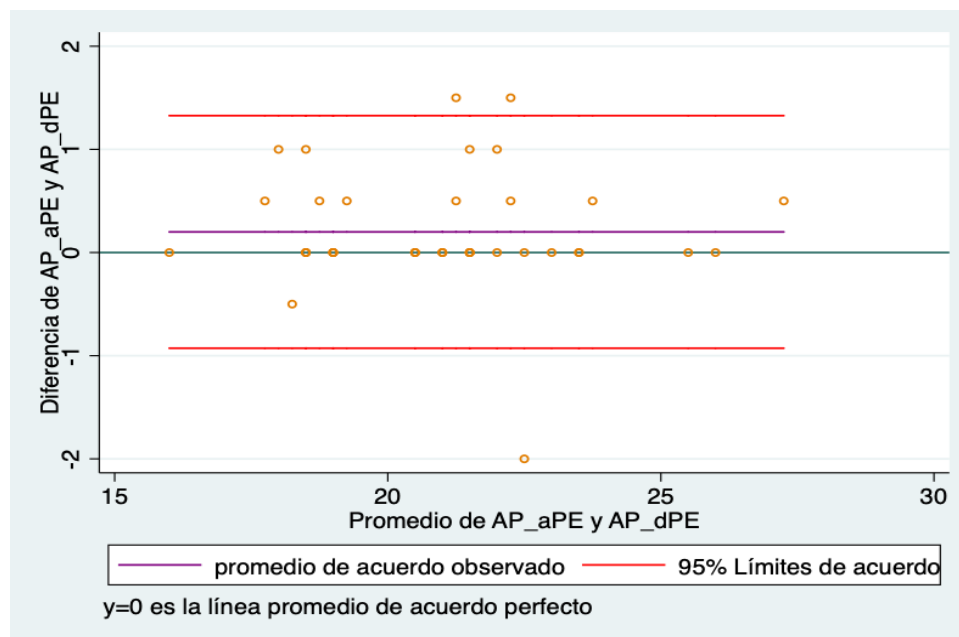


Figura 14. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes y después de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteenth

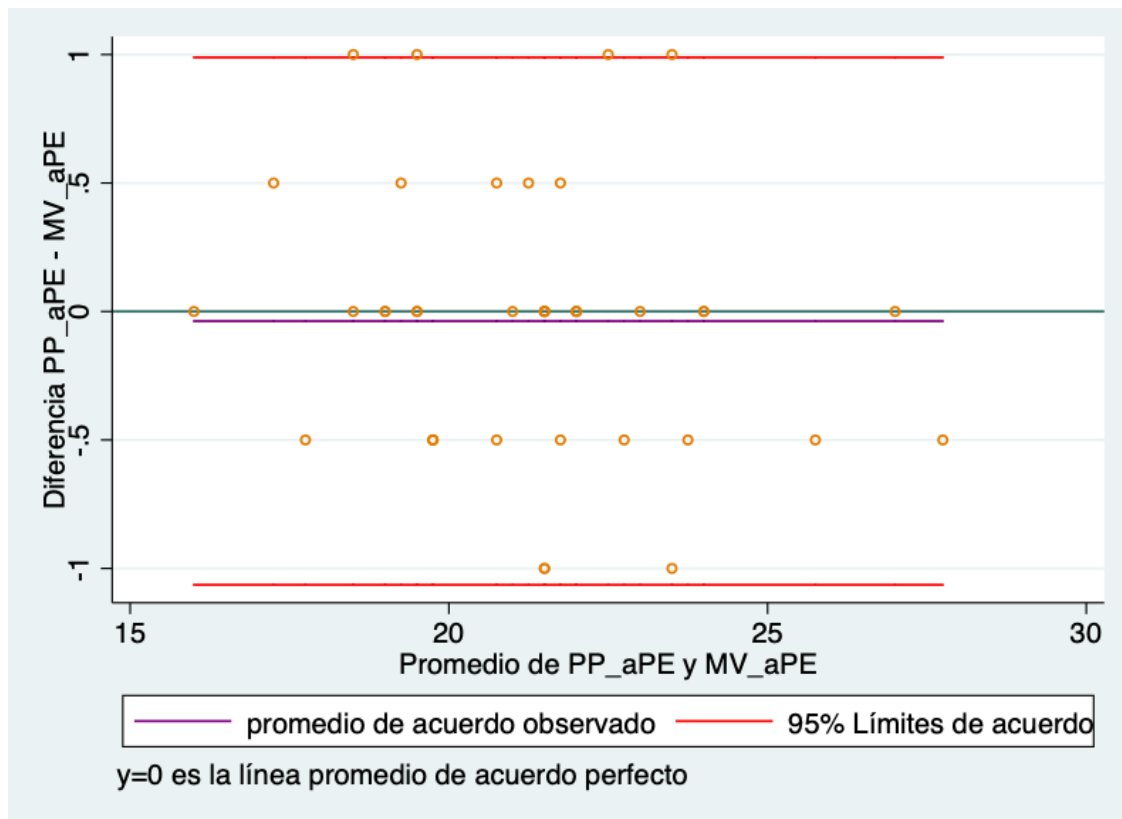


De igual manera se calcularon los coeficientes de concordancia de Lin para los métodos al compararlos con el método visual. Los cálculos se realizaron antes y después de pre-ensanchamiento; los valores obtenidos muestran consistencia para cada localizador, resaltando que el Ifive Denjoy® presentó mayor concordancia con el método visual, seguido de Propex Pixi® (Dentsply Sirona) y Airpex Eighteenth (Tabla 2).

Tabla 9. *Diferencias en longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual versus tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive, Airpex Eighteenth)*

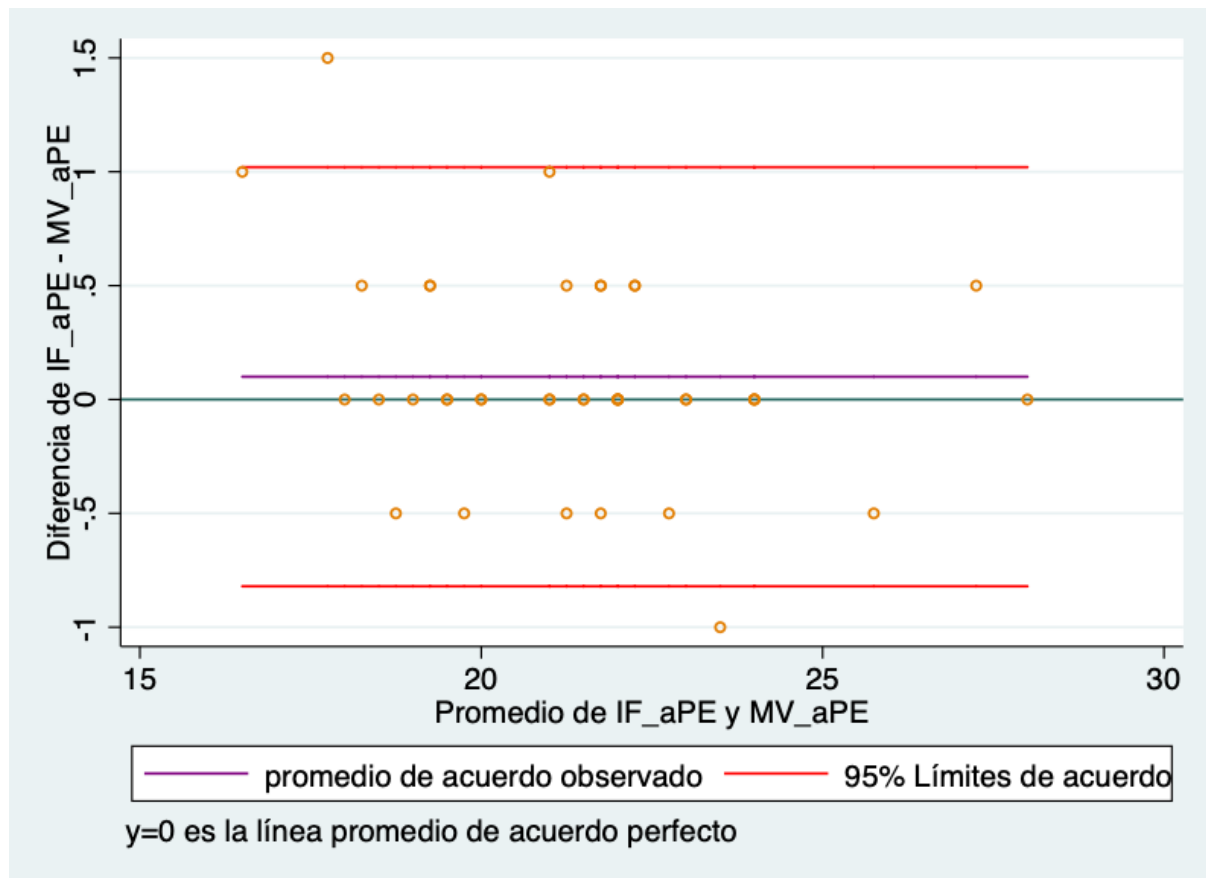
Concordancia de longitud			
	Pre-Ensanchamiento Antes vs Después	MV vs. Antes PE	MV vs. Después PE
MV	0.970 (0.952; 0.988)	-	-
PP	0.982 (0.971; 0.993)	0.978 (0.964; 0.991)	0.976 (0.963; 0.990)
IF	0.986 (0.977; 0.995)	0.981 (0.970; 0.992)	0.985 (0.975; 0.994)
AA	0.968 (0.948; 0.988)	0.966 (0.946; 0.987)	0.965 (0.945; 0.985)

Tabla 10. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona) versus Método visual



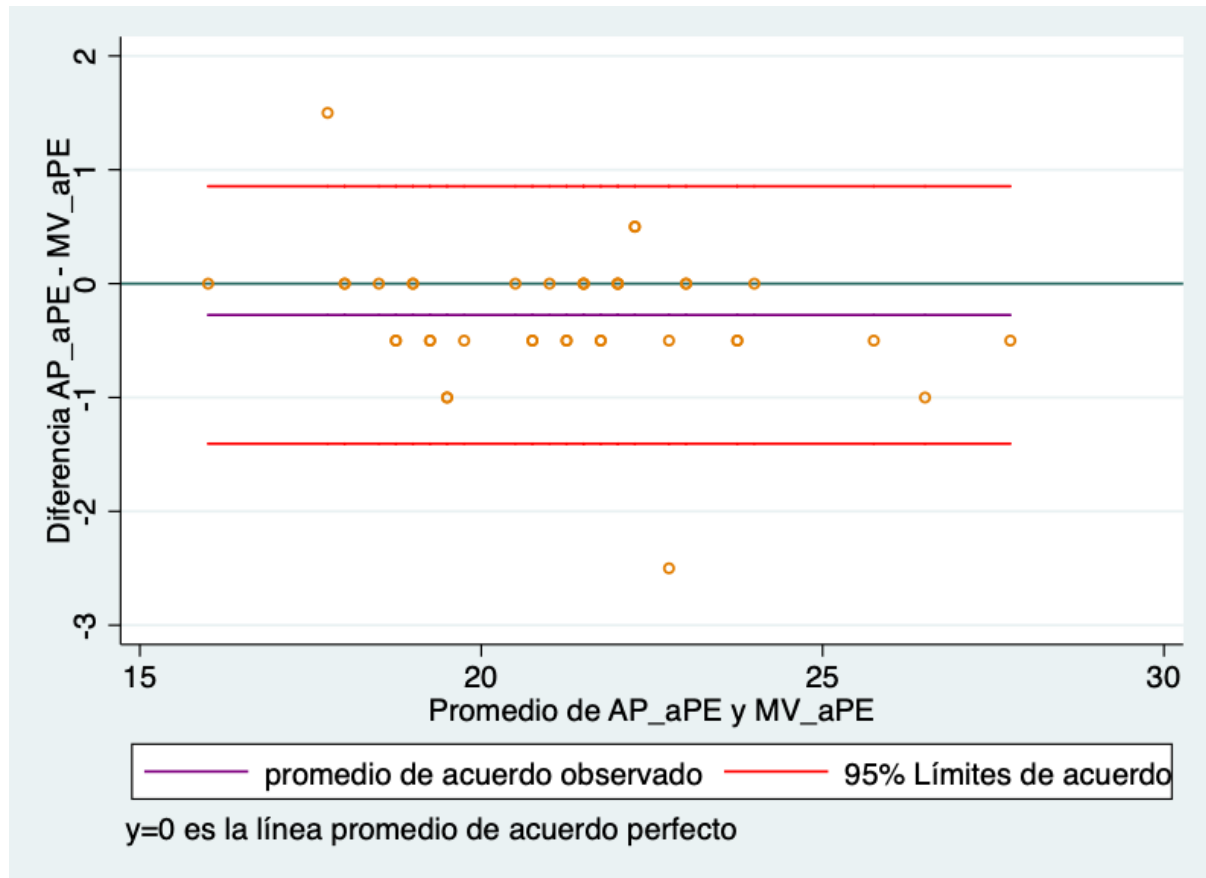
En esta gráfica 6 se puede ver el promedio de acuerdo estimado por debajo de 0 lo que nos indica que la diferencia del Propex Pixi da una medida por debajo de la real o método visual, y aunque esto sucede, las medidas concuerdan y en promedio son iguales; Demostrando que este equipo se comporta antes del pre-ensanchamiento prácticamente igual. que la medida visual (en promedio son iguales)

Figura 15. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy® versus Método visual



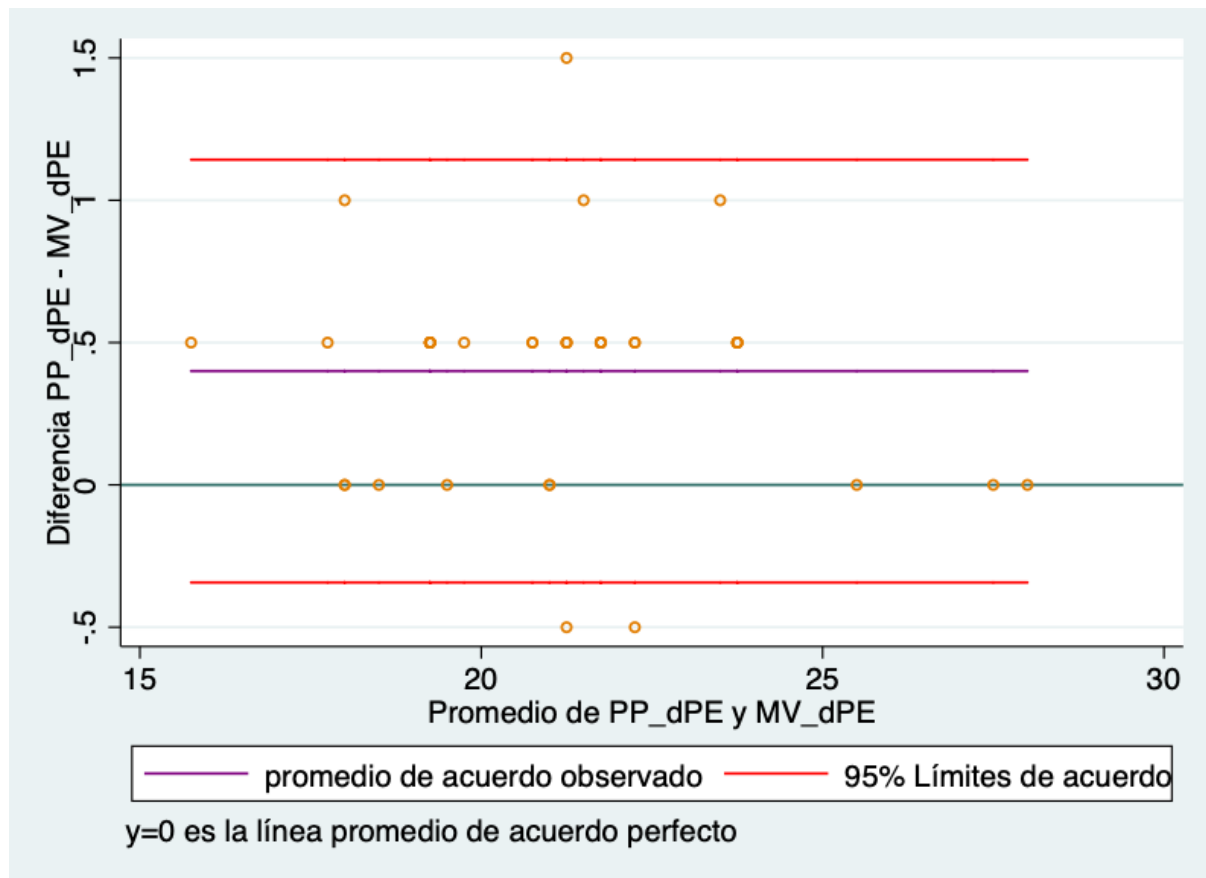
Se evidencia que el promedio de acuerdo observado es positivo, lo que significa sobreestima el valor en 0.1 en promedio. Hay un dato situado en 1.5 el cual se cree que es la causa que este se encuentre por encima de cero.

Figura 16. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo antes de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteeth versus Método visual, el promedio de acuerdo a lo observado se ubica por debajo a cero, lo que indica que este valor negativo sub estima en un 0.2, siendo así, las medidas de AirPex es más pequeña y por consiguiente negativo al restarle el valor visual.



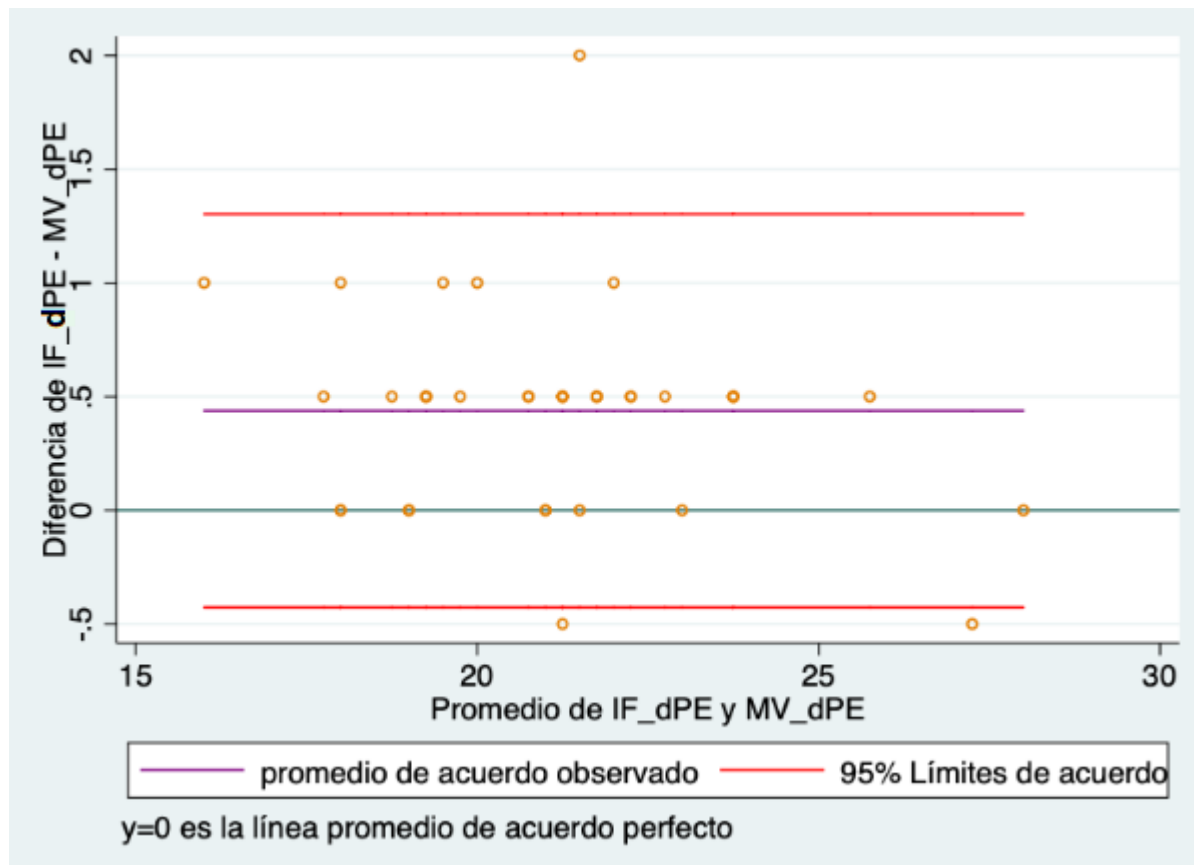
Tanto el AirPex como el Pixi antes de pre ensanchar tienden a tener mediciones mas cortas y el Ifive es el unico que sobre estima la medida, aun asi los tres LEA son concordantes.

Figura 17. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Propex Pixi® (Dentsply Sirona) versus Método visual



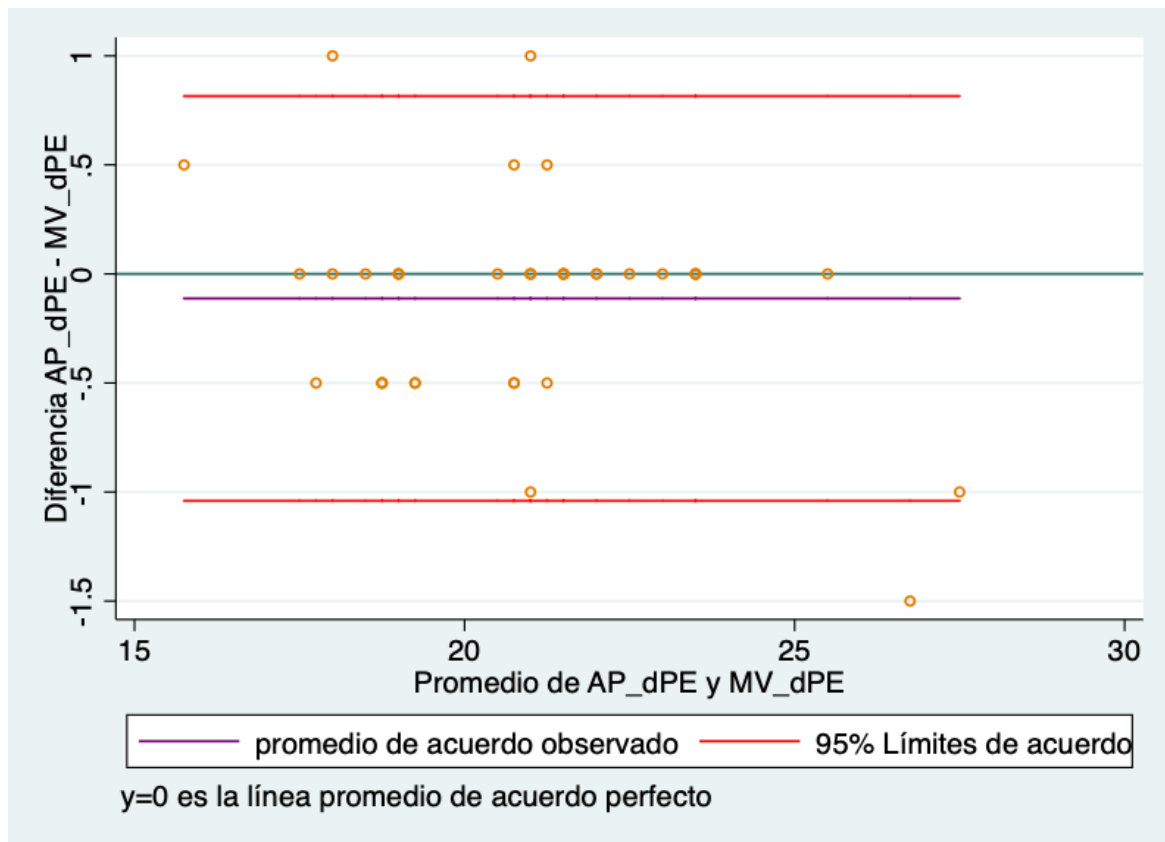
Se evidencia el promedio de acuerdo a lo estimado por encima de 0 sobre estimando la medida del dispositivo, arrojando medidas más altas con respecto a la medida visual. aunque, siguen siendo concordantes las medidas.

Figura 18. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Ifive Denjoy® versus Método visual



El promedio de acuerdo a lo observado se encuentra positivo (medida del dispositivo más grande con respecto a la medida visual), sobre estimando la medida de este equipo, y aun así, los valores son concordantes.

Figura 19. Gráficos de Bland-Altman de las diferencias en las mediciones de longitud de trabajo después de pre-ensanchamiento con Airpex Eighteeth versus Método visual



Un análisis complementario se realizó para determinar la frecuencia de medidas según su precisión y estimación de longitud de trabajo y se evidenciaron cambios en las categorías después del pre-ensanchamiento. En Propex Pixi® (Dentsply Sirona) e Ifive Denjoy® los valores de medidas aceptables se incrementan a expensas del cambio a medidas precisas y un ligero incremento en las medidas precisas en Airpex Eighteeth; estas diferencias fueron estadísticamente significativas en Ifive Denjoy® ($p=0.015$). De igual manera la sobre-estimación de la longitud de trabajo fue más frecuente en Ifive Denjoy® y Airpex Eighteeth después del pre-ensanchamiento y las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p<0.05$). (Tabla 10)

Tabla 11. Longitud de conductos radiculares obtenida mediante verificación visual y tres sistemas de localización apical (Propex Pixi® (Dentsply Sirona), Ifive Denjoy®, Airpex Eighteeth)

	MV vs. Propex Pixi® (Dentsply Sirona)			MV vs. Ifive Denjoy®			MV vs. Airpex Eighteeth		
	Sin PE n (%)	Con PE n (%)	p	Sin PE n (%)	Con PE n (%)	P	Sin PE n (%)	Con PE n (%)	p
Precisión*									
Precisa	18 (45.0)	9 (22.5)	0.220	21 (52.5)	9 (22.5)	0.015	17 (42.5)	23 (57.5)	0.303
Aceptable	15 (37.5)	27 (67.5)		15 (37.5)	25 (62.5)		18 (45.0)	12 (30.0)	
Equivocado	7 (17.5)	4 (10.0)		4 (10)	6 (15.0)		5 (12.5)	5 (12.5)	
Longitud de trabajo									
Sub-estimada	13 (32.5)	2 (5.5)	0.000	7 (17.5)	2 (5.0)	0.000	20 (50.0)	12 (30.0)	0.064
Precisa	18 (45.0)	9 (22.5)		21 (52.5)	9 (22.5)		17 (42.5)	23 (57.5)	
Sobre-estimada	9 (22.5)	29 (72.5)		12 (30.0)	29 (72.5)		3 (7.5)	5 (12.5)	

* Clasificación según las diferencias entre las mediciones visual y electrónica

Precisa	Medición restringida de 0. a 0.5 por debajo del foramen apical (Longitud de trabajo final)
Aceptable	Rango de medida hasta 1 mm por debajo del foramen apical
Equivocado	Si los valores de la medición eran más altos o bajos que las mediciones aceptables (Mayores de 1mm)

Figura 20. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones precisa (azul), aceptable(rojo), equivocada (verde) sin pre-ensanchamiento

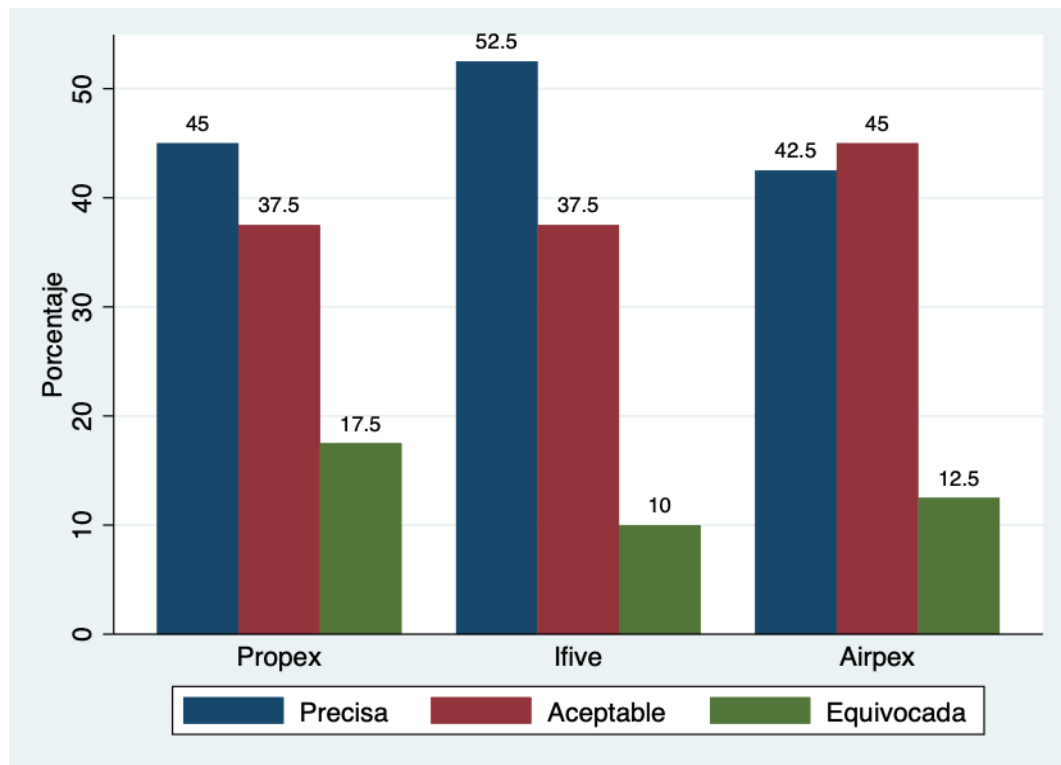
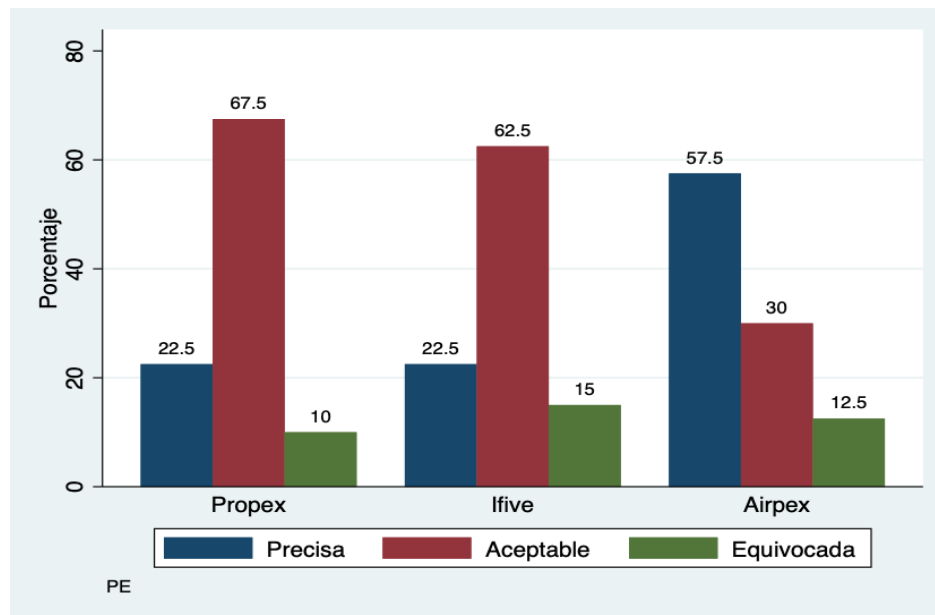


Figura 21. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones precisa (azul), aceptable(rojo), equivocada (verde) con pre-ensanchamiento.



PE= Pre- ensanchamiento

Figura 22. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificacion de mediciones sobreestimada (azul), precisa (rojo), subestimada (verde) con pre-ensanchamiento.

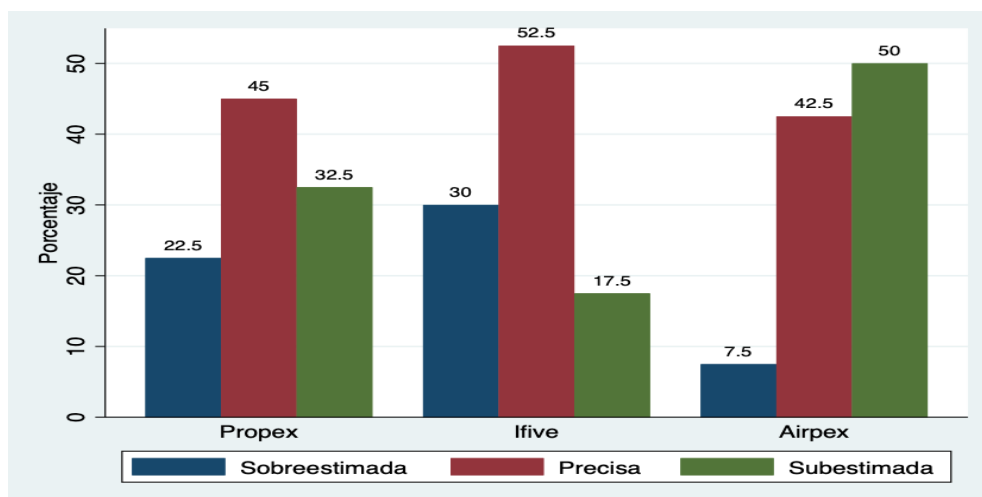
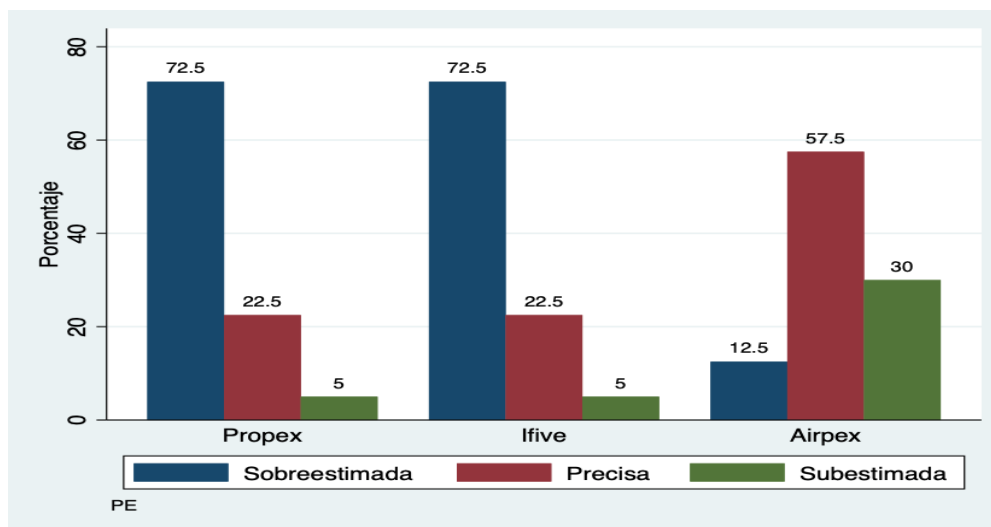


Figura 23. Gráfico de barras donde se muestran los porcentajes de la clasificación de mediciones sobreestimada (azul), precisa (rojo), subestimada (verde) sin pre-ensanchamiento.



Los análisis por regresión de Passing-Bablok muestran una disminución sistemática de la longitud de trabajo en la medida visual con pre-ensanchamiento a razón del coeficiente $A=0.5\text{mm}$ IC95% 0.5mm a 0.5mm indican excelentes niveles de acuerdo por cuanto los coeficientes A (indican el intercepto) de las regresiones no son estadísticamente distintos de cero (0.0) para Propex Pixi® (Dentsply Sirona) e Ifive Denjoy®; mientras que, para Airpex Eighteenth el coeficiente fue 0.25mm IC95%: 0.25mm a 0.25mm que indica que sistemáticamente el Airpex Eighteenth sub-estima los valores del método visual. Después del preensanchamiento Propex Pixi® (Dentsply Sirona) e Ifive Denjoy® presentan valores de -0.5 que indican la sobre-estimación de la medida visual.

Por otra parte, los coeficientes B (que indican la pendiente) de las regresiones no fueron distintas de 1; en Propex Pixi® (Dentsply Sirona) el intervalo de confianza indica que tiende a subestimar la distancia con el incremento de la longitud de trabajo.

9. Discusión

El presente estudio realizó una evaluación in vitro de la precisión de tres LEA: IFive® de Denjoy, Air-pex® de Eighteeth y el Propex-Pixi® de Dentsply, para determinar la longitud de trabajo, utilizando dientes humanos extraídos uniradiculares. Las medidas obtenidas se compararon con medidas visuales tomadas antes y después de realizar el pre- ensanchado coronal. Los resultados demostraron en general que los tres LEA fueron precisos y las mediciones antes y después del pre-ensanchamiento fueron concordantes y similares a las obtenidas con el MV.

El método electrónico se considera el más exacto para determinar la longitud de trabajo durante el tratamiento endodóntico, los LEA actuales miden la impedancia dentro del conducto estableciendo el valor máximo de la misma que corresponde a la constricción apical, realizando así, medidas objetivas a diferencia de los método radiográfico y táctil.

Propex Pixi (Dentsply Maillefer) es un localizador multifrecuencia de quinta generación, compacto, de fácil manipulación; el cual ha sido evaluado en diferentes estudios encontrando un alto grado de exactitud (Ferreira, et.al., 2019). Los localizadores Air Pex (Eighteeth) e IFive (Denjoy) son multifrecuencia, de quinta generación, compactos, de fácil uso y de bajo costo; a diferencia del Propex Pixi no cuentan con evidencia científica acerca de su exactitud y precisión.

Los LEA pueden evaluarse In Vitro e In Vivo; dentro de los medios In Vitro el alginato ha mostrado tener una conductividad eléctrica similar a la del periodonto permitiendo que los localizadores funcionen de manera similar a las condiciones clínicas. Es un material elástico, firme, de fácil manipulación y bajo costo lo que lo hace una opción adecuada para realizar pruebas *in vitro* garantizando resultados más confiables. Sin embargo, tiene tiempo de trabajo limitado por lo que es necesario mantenerlo húmedo durante la realización de la prueba; en el presente estudio las medidas se tomaron en el tiempo establecido para mantener las condiciones adecuadas del

material. (Oliveira, et.al., 2017) (Kaufman, et.al., 2002)

Varias investigaciones de estudios *in vitro* han utilizado el método visual con microscopio óptico bajo magnificaciones que van desde 6X hasta 16X como una forma de establecer de manera confiable la longitud real. En el presente estudio este método fue el utilizado para establecer el valor de referencia con el cual se compararon las mediciones hechas con los localizadores objeto de estudio. (Brito, et.al., 2012)

De acuerdo con los datos del presente estudio, el pre-ensanchamiento causó modificación de la medida inicial tanto en el método visual como en el electrónico. En la medida inicial (aPE) los tres localizadores mostraron concordancia con la MV; siendo el PP el que mostró medidas más cercanas a la MV. En la medición (dPE) todos fueron concordantes pero el AP fué el que tuvo medidas más cercanas a la MV, seguido por el IF y el PP fué el que más se alejó de la MV (dPE) mostrando valores mayores a la MV. Hay que aclarar que en donde hubo diferencias, éstas fueron menores a 0,5 lo que no tiene significancia clínica. Lo anterior puede deberse a que lo que se busca con el pre-ensanchamiento es eliminar interferencias (dentina pericervical o curvaturas pronunciadas) de los dos tercios superiores radiculares disminuyendo así la distancia entre la medida inicial antes del pre-ensanchamiento y la medida pos-ensanchamiento. Siendo así; los resultados del presente estudio coinciden con los de Dornelles et al. (Morgental, et.al., 2011), cuando habló en su investigación sobre uno de los efectos que producía el pre-ensanchado y esto era generar una vía más recta del instrumento hacia la constricción apical.

Al igual que en la prueba ANOVA, la prueba de comparaciones múltiples de Dunnet que analiza la medida visual contra cada uno de los localizadores, encontró que al comparar la MV contra la medida del AP después del pre-ensanchamiento (dPE); éste fué el único localizador apical electrónico que no presentó diferencias estadísticamente significativas, es probable que el

establecer una vía más recta del instrumento a la constricción mejore el cálculo que hace el dispositivo para establecer el valor constante de máxima impedancia.

Al hacer la comparación intergrupos (Eje: MV aPE vs. MV dPE) nuevamente se encontró que el AP fué el que más se acercó a la medida visual; en el caso de PP e IF la medida aumentó levemente (sobreestimó) sin que tenga relevancia clínica real. Con respecto a los efectos del pre-ensanchamiento sobre los LEA. De acuerdo a los datos obtenidos, en el caso del AP el pre-ensanchamiento favoreció la medición ya que ésta se aproximó más a la MV. En el caso de PP el pre-ensanchamiento hizo que la medición se alejara (sobreestimó) y en el caso del IF el pre-ensanchamiento no afectó la medida. Algunos autores creen que los cambios en la longitud pueden atribuirse a factores como: variantes anatómicas, el tamaño de la constricción apical, cambios en el calibre del instrumento e incluso en el irrigante usado para eliminar excesos de barrillo dentinario. Sin embargo, en el estudio de Saito & Yamashita (1990), determinaron que estos no interfieren en el resultado de la medición final de los LEA

Según Abdelsalam et al. la presencia de lesiones apicales extensas, exudado, variaciones anatómicas como conductos laterales, diámetro del foramen apical, tamaño de instrumento de medición, bloqueo del foramen apical son puntos claves para el uso clínico de los LEA, sin embargo, en el presente estudio algunos de aspectos no pudieron ser evaluados por tratarse de un estudio *in vitro*. (Abdelsalam & Hashem, 2020)

Según Pécora et ál (2005), el pre-ensanchamiento aumenta la precisión en la determinación de la constricción apical ya que disminuye las interferencias o curvaturas, lo que hace que las medidas sean más confiables y reduce la posibilidad de sobre-extensión. De la misma manera el estudio de Brito et ál (2012) y el de Morgental et ál (2011), en donde evaluaron localizadores como el Root ZX y Novapex, Mini Apex Locator y Propex II posterior al pre-ensanchamiento,

encontraron que éste aumenta la exactitud en las mediciones de los dispositivos. En el presente estudio el pre-ensanchamiento solo favoreció el comportamiento de uno de los localizadores estudiados que fué el AP, para los otros dos localizadores el efecto no fué favorable. Por el contrario, en el estudio de Melo et ál (2020), el pre-ensanchamiento no tuvo ningún efecto en la precisión en las medidas hechas con los LEA. En el presente estudio el pre-ensanchamiento mejoró la precisión de la medición del localizador (AP), pero no tuvo efecto en las mediciones en el IF e incluso fué desfavorable para el PP.

En la mayoría de los estudios se usa la medición visual para establecer la longitud real que será el valor de referencia para comparar el efecto del pre-ensanchamiento en la medición de los diferentes localizadores. Sin embargo, no se evalúa si el pre-ensanchamiento también afecta la MV como se encontró en el presente estudio donde luego del pre-ensanchamiento se observó disminución en la longitud visual. Por lo tanto, al realizar la comparación de las mediciones de los LEA con la longitud visual sin tener en cuenta que ésta también se modifica con el pre-ensanchado las diferencias pueden ser mayores para algunos LEA.

En complemento a lo anterior; los datos del coeficiente de concordancia de Lin mostraron que los tres dispositivos son altamente concordantes entre ellos mismos, (Eje: AF aPE vs AF dPE) al comparar la longitud de trabajo antes de pre-ensanchar y después de pre-ensanchar (mayor a 0.96); aún así el dispositivo que mostró el valor más fuerte de concordancia fué el Ifive de Denjoy® $CCC=0.986$ ($IC95\%: 0.977;0.995$) al acercarse al valor de 1; esto quiere decir que tiene un alto nivel de repetibilidad de la medida tanto antes como después.

En el presente estudio se identificaron limitaciones como: el instrumento con el cual se realiza la medición lo hace en escalas de 0.5 mm lo que no permite considerar valores intermedios, que podrían variar la clasificación entre preciso y aceptable. Por otra parte, debe tenerse en cuenta

que valores inferiores a 0,5 pueden no tener una significancia clínica real.

En estudios in vitro no pueden evaluarse condiciones clínicas como: la presencia de lesiones periapicales, exudado o sangrado que podrían afectar el comportamiento de los LEA.

10. Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio se concluye:

Se demostró que Propex-pixi de Dentsply, IFive de Denjoy, Air-Pex de Eigtheeth fueron precisos para determinar la longitud de trabajo con respecto al valor de referencia (MV), entre los 3 dispositivos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

El pre-ensanchamiento coronal influyó de manera diferente en la medición de los LEA evaluados. Para el PP se demostró que afectó de manera negativa, para el AP mejoró su exactitud y en el caso de IF no hubo diferencias antes y después del pre-ensanchado.

11. Recomendaciones

Para estudios futuros tener en cuenta que si se usa la MV como referencia; ésta también es afectada por el pre-ensanchamiento.

Referencias

- Abdelsalam, N., & Hashem, N. (2020). Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. . *Journal of Endodontics*, 46(4), 514.
- Ali, R., Okechukwu, N. C., Brunton, P., & Nattress, B. (2013). An overview of electronic apex locators: part 2. *British Dental Journal*, 214(5), 231.
- Azabal, M., García, O. D., & De la Macorra, J. C. (2004). Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures . *International Endodontic Journal*. , 37(3), 177.
- Baldi, J., Victorino, F., Bernardes, R., de Moraes, I., Bramante, C., García, R., & Bernardineli, N. (2007). Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal Endod*, 33(4), 479.
- Baugh, D., & Wallace, J. (n.d.). The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of endodontics*, 31(5), 340.
- Brito, J. M., Camilo, C. C., Moreira, J. G., Pecora, J. D., & Sousa, N. M. (2012). Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *J Appl Oral Sci*. , 20, 543.
- Custer, L. E. (1918). Exact Methods of Locating the Apical Foramen. *The Journal of the National Dental Association.*, 5(8), 819.
- de Camargo, É. J., Zapata, R. O., Medeiros, P. L., Bramante, C. M., Bernardineli, N., Garcia, R. B., & Duarte, M. A. (2009). Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* , 35(9), 1302.
- Denjoy. (2019, Diciembre 20). Retrieved from Endo Devices,Dental Consumables,Biological Material | Denjoy

- Dentsply Sirona. (2018). *TruNatomy*. Retrieved from https://www.dentsplysirona.com/content/dam/flagship/en/explore/endodontics/dfu/trunatomy/TRUNATOMY%20ROW_DFU_1218_WEB_DSE_ES.pdf
- Dominici, J., Eleazer, P., Clark, S., Staat, R., & Scheetz, J. (2001). Disinfection/sterilization of extracted teeth for dental student use. *J Dent Educ.*, 65(11), 1281.
- Eighteeth. (2022). *AirPex*. Retrieved from <https://www.eighteeth.com/apex-locator/3.html>
- Eigtheeth. (2021, Diciembre 21). *Changzhou Sifary Medical Technology Co.,Ltd.-R&D C*. Retrieved from [hangzhou Sifary Medical Technology Co.,Ltd.-R&D,manufacture,marketing and service integration \(eighteeth.com\)](https://www.eighteeth.com)
- ElAyouti, A., Hülber, J. M., Judenhofer, M. S., Connert, T., Mannheim, J. G., Löst, C., & Von, O. C. (2014). Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *JOE*, 40(8), 1099.
- ElAyouti, A., Weiger, R., & Löst, C. (2001). The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *Journal of Endodontics*, 27(1), 52.
- ElAyouti, A., Weiger, R., & Löst, C. (2002). Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. *Journal of endodontics*, 28(2), 119.
- Estrela, C., Couto, G. S., Bueno, M. R., Bueno, K. G., Estrela, L. R., Porto, O. C., & Diógenes, A. (2018). Apical Foramen Positio. 44(11), 1748.
- Fadi, F. (2015). The Gates-Glidden bur: the search continues. *Journal of the history of dentistry.*, 63(1).
- Ferreira, I., Braga, A. C., & Pina, V. I. (2019). The Precision of Propex Pixi with Different Instruments and Coronal Preflaring Procedures. *Eur Endod J.*, 4(2), 75.

- Fisic. (2022, Febrero 28). *Capacitancia y dieléctricos*. Retrieved from <https://www.fisic.ch/contenidos/electricidad/capacitores/>.
- Fogarty, T. J., & Montgomery, S. (1991). Effect of preflaring on canal transportation. . *Evaluation of ultrasonic, sonic, and conventional techniques. Comparative Study*, 72(3), 350.
- Gordon, M. P., & Chandler, N. P. (2004). Electronic apex locators. *International journal of endodontics*, 37(7), 437.
- Hasegawa, K., Hzuja, H., Takei, M., Goto, N., Nihei, M., & Ohashi, M. (1986). A new method and apparatus for measuring root canal length. *The Journal of Nihon University School of Dentistry*, 28(2), 128.
- Huang, L. (1987). An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. . *Journal of endodontics*, 13(2), 64.
- INET. (2022, Febrero 8). *Guía de estudio 6: Impedancia*. . Retrieved from http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA_Gu--a06-Impedancia.pdf.
- Kaufman, A., Keila, S., & Yoshpe, M. (2002). Accuracy of a new apex locator: An in vitro study. *Int Endod J*, 35(2), 192.
- Keratiotis, G., Kournetas, N., Agrafioti, A., & Kontakiotis, E. G. (2019). UA comparative evaluation of two working length determination methods. *Australian Endodontic Journal*, 45(3), 336.
- León, L. M., Cabanillas, B. D., Areal, Q. V., Martín, G. J., Jiménez, S. M., Saúco, M. J., & Segura, E. J. (2021). Influence of Coronal Preflaring on the Accuracy of Electronic Working Length Determination: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.*, 10(13), 2760.

- Mandlik, J., Shah, N., Pawar, K., Gupta, P., Singh, S., & Shaik, S. A. (2013, July). An in vivo Evaluation of Different Methods of Working Length Determination. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(4), 644.
- Martins, J. N., & al., e. (2014). Clinical Efficacy of Electronic Apex Locators: Systematic . Review *JOE*, 40(6), 777.
- Melo, A. M., Vivacqua, G. N., Bernardes, R. A., Vivan, R. R., Duarte, M. A., & Vasconcelos, B. C. (2020). Influence of Different Coronal Preflaring Protocols on Electronic Foramen Locators Precision. . *Braz Dent J.*, 31, 408.
- Morgental, R. D., Vier-Pelisser, F. V., Luisi, S. B., Cogo, D. M., & Kopper, P. M. (2011). Preflaring effects on the accuracy of three electronic apex locators. . *Revista Odonto Ciência*, 26, 335.
- Nagrani, A., Sanap, A., Mategaonkar, S., Khade, S., & Krishnakumar, K. (2021). Comparative Evaluation of Preflaring Versus Non-Preflaring on the Accuracy of Electronic Apex Locators-a Systematic Review. . *MAR Dental Sciences*.
- Nekoofar, M. H., Ghandi, M. M., Hayes, S. J., & Dummer, P. M. (2006). 3. Nekoofar M, Ghandi M , Hayes S, Dummer P. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. . *International Endodontic Journal*. , 39(8), 609.
- Oliveira, T., Vivacqua, G. N., Bernardes, R., Vivan, R., Duarte, M., & Vasconcelos, B. (2017). Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locators in the Function of Different Employment Protocols. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1667.
- Pécora, J. D., Capelli, A., Guerisoli, D. M., Spanó, J. C., & Estrela, C. (2005). Influence of cervical preflaring on apical file size determination. *Int Endoj J.*, 38(7), 435.

- Pishipati, K. V. (2013). An In Vitro Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method. *Iranian Endod Journal.* , 8(3), 114.
- Plotino, G., Nagendrababu, V., Bukiet, F., Grande, N. M., Veettil, S. K., De-Deus, G., & Ahmed, H. M. (2020). Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. . *Journal of Endodontics*, 46(6), 729.
- Ricucci, D., & Langeland, K. (1998). Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *International endodontic journal*, 31(6), 409.
- Roland, D., Andelin, W., Browning, D., Hsu, G., & Torabinejad, M. (2002). The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 28(7), 545.
- Saito, T., & Yamashita, Y. (1990). Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dentistry in Japan*, 27(1), 72.
- Saritha, V., Raghu, H., Kumar, T., Totad, S., Kamatagi, L., & Saraf, P. (2021). The accuracy of two electronic apex locators on effect of preflaring and file size: An in vitro study. . *J Conserv Dent.*, 24(1), 46.
- Serna, P. G., Gomes, A. S., Flores, T. J., Madla, C. E., Rodríguez, D. I., & Martínez, G. G. (2020). Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex . *Pixi. JOE.* , 46(2), 161.
- Sunada, I. (1962). New Method for Measuring the Length of the Root Canal. *Journal of Dental Research*. 1962 Mar; 41. 375-387. <https://doi.org/10.1177/00220345620410020801n> in

- Relation to Proximal Root Surfaces of Human Permanent Teeth Determined by Using a New Cone-beam Comp. *41(2)*, 387.
- Sunada, I. (1962). Nuevo método para medir la longitud del conducto radicular. *Revista de investigación dental*, *41(2)*, 387.
- Suryantoro, R., Meidyawati, R., & Suprastiwi, E. (2017). The effect of coronal preflaring on the accuracy of two electronic apex locators . *Journal of Physics: Serie de conferencias*, *884(1)*.
- Versiani, M. A., Basrani, B., & Sousa, N. M. (2019). The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition. .
- Yamaguchi, M., Noiri, Y., Itoh, Y., Komichi, S., Yagi, K., Uemura, R., & Ebisu, S. (2018). Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan . *BMC Salud Bucal.*, *18(1)*, 5.

Apéndices

Apéndice A. Consentimiento Programado para la Donación de Órganos



1. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA DONACION DE ORGANOS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS EXTENSIÓN BOGOTÁ

Fecha _____

Yo, _____ identificado (a) con CC No. _____ expedida en: _____, edad _____ domiciliado en _____, aceptó donar el (los) diente (s) _____, extraído (s) en esta fecha por el residente de posgrado de Endodoncia, acompañado de su docente supervisor, al banco de dientes permanente humanos de la facultad de odontología de la universidad Santo Tomás, con pleno conocimiento que serán utilizados por los residentes y el grupo de investigadores, como parte de actividades de investigación para la elaboración de un estudio in vitro *EVALUACIÓN IN VITRO DE LA EXACTITUD DE LOS LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DE ÁPICE: IFIVE DE DENJOY ®, AIR-PEX DE EIGHTEETH ®, PROPEX PIXI DE DENTSPLY® CON RELACIÓN AL PRE-ENSANCHAMIENTO.*

Soy consciente que las extracciones fueron realizadas por indicación terapéutica siendo parte del plan de tratamiento necesario para mejorar mi estado de salud oral como consta en la historia clínica odontológica, por un diagnostico dental previo de _____. Aclaró además, que la donación es totalmente voluntaria,

que no recibiré en ningún momento remuneración económica por parte de la institución ni de los estudiantes y que bajo ninguna circunstancia será revelada mi identidad. Si presenta alguna inquietud, con respecto a la funcionalidad del banco de dientes, puede comunicarse al Laboratorio de Ciencias Básicas de la universidad Santo Tomás a la línea telefónica 6800801 ext: 2409 con Laura Viviana Herrera Sandoval. Después de haber leído y entendido completamente el documento firmo libre y voluntariamente,

Firma paciente _____

CC _____

Operador _____ **Firma** _____

Testigo nombre y apellidos _____

Firma y CC _____.

Apéndice B. *Instrumento de recolección de datos.*

DIENTE	MEDIDA VISUAL SIN PRE- ENSANC HAMIE NTO	PROPEX PIXI® SIN PRE ENSANC HAMIE NTO	IFIVE® SIN PRE ENSANC HAMIE NTO	AIR PEX® SIN PRE ENSANC HAMIE NTO	MEDIDA VISUAL CON PRE ENSANC HAMIE NTO	PROPEX PIXI® CON PRE ENSANC HAMIE NTO	IFIVE® CON PRE ENSANC HAMIE NTO	AIR PEX® CON PRE ENSANC HAMIE NTO
--------	--	--	---	--	---	---	--	---