

**“Exactitud de los Localizadores electrónicos apicales
I-Root® y Woodpex III® para determinar la longitud total
hasta el foramen apical: estudio *in vitro*”**

Tesis presentada por:

FRANKLIN STEVEN MATZDORF GÓMEZ

Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
que practicó el Examen General Público, previo a optar al Título de:

CIRUJANO DENTISTA

Guatemala, Noviembre 2014

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Edgar Guillermo Barreda Muralles
Vocal Primero:	Dr. José Fernando Ávila González
Vocal Segundo:	Dr. Erwin Ramiro González Moncada
Vocal Tercero:	Dr. Jorge Eduardo Benítez De León
Vocal Cuarto:	Br. Bryan Manolo Orellana Higueros
Vocal Quinta:	Br. Débora María Almaraz Villatoro
Secretario Académico:	Dr. Julio Rolando Pineda Cordón

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Edgar Guillermo Barreda Muralles
Vocal Primero:	Dr. José Figueroa Espósito
Vocal Segundo:	Dr. Victor Hugo Lima Sagastume
Vocal Tercero:	Dr. Ronald Mariano Ponce de León
Secretario Académico:	Dr. Julio Rolando Pineda Cordón

TESIS QUE DEDICO:

A LA UNIVERSIDAD DE SAN

CARLOS DE GUATEMALA

Por darme la oportunidad de ser parte de esta casa de estudios a nivel de Grado.

A LA FACULTAD DE

ODONTOLOGÍA

Por brindarme herramientas y calidad de profesores.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a consideración mi trabajo de tesis titulado **Exactitud de los Localizadores electrónicos apicales I-Root® y Woodpex III® para determinar la longitud total hasta el foramen apical: estudio *in vitro***, conforme lo demandan los Estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

CIRUJANO DENTISTA

Y a ustedes distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador, reciban mis más altas muestras de consideración y respeto.

ÍNDICE

I. SUMARIO	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. ANTECEDENTES	5
IV. PROBLEMA	7
V. JUSTIFICACIÓN	9
VI. MARCO TEÓRICO.....	11
6.1 Historia del localizador electrónico apical	11
6.2. Importancia de la longitud de trabajo en un tratamiento de conductos radiculares.....	11
6.3. Anatomía del foramen apical.....	17
6.4. Localizador electrónico apical: Definición.....	18
6.5. Localizadores electrónicos apicales y sus avances por generaciones a través del tiempo:	20
6.5.1. Primera generación.....	20
6.5.2. Segunda generación	20
6.5.3. Tercera generación	21
6.5.4. Cuarta Generación.....	21
6.5.5. Quinta generación.....	22
6.6. Otros usos para los localizadores apicales:.....	23
6.7. Problemas asociados con el uso de localizadores apicales.....	23
VII. OBJETIVOS.....	24
Objetivo general:	24
Objetivos específicos:.....	24
VIII. HIPÓTESIS	25
Hipótesis nula:	25
Hipótesis alterna:	25
IX. VARIABLES.....	26
X. METODOLOGÍA	27
XI. RESULTADOS	29

XII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
XIII. CONCLUSIONES	36
XIV. RECOMENDACIONES	37
XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
XV. ANEXOS	40
ANEXO 1	40
ANEXO 2	46
ANEXO 3	54

I. SUMARIO

Se utilizó una muestra de 30 piezas dentales humanas monoradiculares con conducto único, ápice radicular cerrado y raíz sin perforación ni fractura; se inició con la toma de dos radiográficas digitales (ortoradial y mesioradial). La pieza se colocó en hipoclorito de sodio al 10% durante 10 minutos, y fue lavada con agua a presión posteriormente. La corona se seccionó 2mm por arriba de la unión cemento esmalte, luego para verificar la permeabilidad del conducto se introdujo la lima K flex #8 y luego la #10 hasta que sobrepasó el foramen apical y se procedió a irrigar el conducto con hipoclorito de sodio al 5%. Se utilizaron puntas de papel para secar el conducto y se introdujo una lima K flex #15 dentro del conducto hasta observar con la ayuda de un microscopio estereoscópico marca D.F. Vasconcellos magnitud 5X, la punta de la misma en el foramen apical. Se colocó el tope endodóntico a esta distancia y se fijó con resina fluida fotocurada (Tetric Flow, Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Luego se procedió a tomar la medida utilizando un calibrador digital vernier (Alkimia) y se ingresó el valor en un hoja electrónica (Excel).

En 30 moldes de plástico de un diámetro de 4.5 cm y 2.5 cm de alto se introdujo una mezcla de alginato Hydrogum 5, y antes que gelificara se colocó el diente codificado ya medido, hasta la unión cemento esmalte. Se secó el conducto radicular con puntas de papel y luego se procedió a realizar una medición con el localizador apical I-Root® y otra con el Woodpex III®, introduciendo una lima K flex #15 en el conducto deteniéndola en el momento que cada el localizador electrónico apical indicó que se encontraba en el foramen apical y luego se procedió a colocar el tope endodóntico y así, de forma inmediata, se colocó resina fluida fotocurada. Se midió la longitud en milímetros utilizando un calibrador digital de vernier y se anoto los resultados en una hoja electrónica (Excel).

A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, para determinar la significancia estadística con un 95% de confiabilidad. Luego del análisis se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p=0.86$) entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical Woodpex III®, estableciendo así la exactitud del mismo. Se obtuvo una media de 15.885 para la longitud real y 15.769 mm para la longitud dada por el localizador apical Woodpex III®. Además, se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p=0.90$) entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical I-Root®, estableciendo así la exactitud del mismo. Se obtuvo

una media de 15.885 para la longitud real y 15.967 mm para la longitud dada por el localizador apical I-Root I[®].

Se recomienda que se realice un estudio in vivo que determine la exactitud de los localizadores apicales I-Root[®] (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III[®] (Woodpecker, China), para la utilización confiable de los mismo a nivel clínico.

II. INTRODUCCIÓN

Los localizadores electrónicos apicales son aparatos altamente sensibles que pueden ser utilizados para determinar con exactitud la longitud de trabajo en piezas permanentes vitales y necróticas. El límite apical de instrumentación y la obturación final del conducto radicular juegan un rol importante para el éxito del tratamiento de conductos radiculares. Las técnicas de preparación del conducto radicular apuntan a hacer uso del potencial de la barrera natural que se encuentra entre el conducto radicular y los tejidos apicales. Por otro lado, la extrusión de la gutapercha de esa barrera provoca una severa inflamación. El éxito del tratamiento de conducto radicular depende directamente en la determinación de la longitud de trabajo con precisión y de mantener el mismo durante la instrumentación, siendo los localizadores apicales aparatos que ayudan a agilizar este proceso logrando disminuir el número de películas radiográficas que usualmente son utilizadas durante este procedimiento. En una radiografía periapical no se logra observar la localización exacta del foramen apical debido a que se aprecia una imagen en dos dimensiones de una estructura que cuenta con tres dimensiones. A pesar de lo anterior, la radiografía pre operativa es esencial para determinar la anatomía del sistema de conductos radiculares, el número y curvaturas de las raíces, la presencia de abscesos o enfermedad, y actúa como una guía inicial de la longitud de trabajo. ⁽¹⁹⁾

El uso combinado de los localizadores apicales y la toma de radiografías periapicales permite mayor precisión para determinar la longitud de trabajo, al mismo tiempo que se obtiene mayor información sobre la anatomía radicular. Otra ventaja de los localizadores apicales es que detecta perforaciones y fracturas en el conducto radicular determinando el pronóstico de la pieza dental y por ende ayudando en la toma de decisión sobre el tratamiento más adecuado en cada caso. ⁽⁹⁾

En 1918, Custer fue el pionero en investigar el método de medición de la longitud de la raíz por un medio electrónico. Luego fue revisado por Suzuki (1942) quien estudio la fluidez de corrientes directas usando como muestra los dientes de perros. Después Sunada (1962) tomó estos principios y construyó un aparato simple que utilizara corriente directa para medir la longitud del conducto radicular. El localizador apical ha sido modificado con el paso de tiempo existiendo en total cuatro generaciones bien documentadas. En un inicio su uso era únicamente brindar información acerca de la longitud de trabajo en un tratamiento de conductos radiculares debido a la simplicidad del dispositivo, sin embargo, con el paso del tiempo, la misma ha sufrido ciertas modificaciones logrando mayor precisión y

predictibilidad en lograr su objetivo principal y ser una ayuda para brindar mayor información acerca del estado del diente.⁽⁹⁾

En el mercado hoy en día se cuenta con una gran variedad de localizadores apicales, debido a ello es importante que el clínico cuente con estudios controlados de los mismos para poder recomendar su uso de forma confiable. Es por esto que en la presente investigación se determinó la exactitud de dos localizadores apicales: I-Root® (S-Denti, 5ta generación, Korea del Sur) y Woodpex III® (Woodpecker, 5ta generación, China) para determinar la longitud total en milímetros desde el tercio cervical hasta el foramen apical de 30 piezas dentales monoradiculares con ápice radicular cerrado, conducto único, sin restauraciones y una raíz sin perforación ni fractura; para luego comparar los valores electrónicos con el valor real. Dentro del manual del fabricante se afirma que el mismo es de quinta generación, sin embargo no existen investigaciones formales que definan la existencia de esta generación y, en los que se mencionan, las características son iguales a los de cuarta generación asegurando que estas se encuentran mejoradas en la quinta generación.⁽⁹⁾

Este estudio posiblemente podría aportar datos para realizar otras investigaciones con localizadores electrónicos apicales.

III. ANTECEDENTES

Durante el tratamiento de conductos radicular es crítico determinar y mantener la longitud de trabajo (LT) ⁽¹⁹⁾. La LT es definida como la distancia desde una referencia coronal al punto en donde la preparación y la obturación deben terminar. ⁽⁸⁾

El uso del localizador endodóntico apical (LEA) para determinar la LT fue propuesto por Custer en 1918 y el primero fue desarrollado por Suzuki en 1942 ⁽⁹⁾. Varios son los autores que han demostrado que este dispositivo promueve una estimación mas precisa o exacta de la LT que las radiografías sobre todo los LEA de tercera y cuarta generación. ⁽³⁾

En el estudio “In Vitro Evaluation of the Efficacy of Five Apex Locators” se midió la eficacia de 5 localizadores apicales entre ellos Dentaport ZX (J. Morita Corporation, Japan), Root ZX (J. Morita Corporation, Japan), Raypex 5 (Roydent Dental Products, Johnson City, TN), Propex (Dentsply) y E Magic Finder (Densiti). En el mismo se tomó una muestra de 20 dientes monoradiculares a los cuales se les realizó un acceso, se le inserto una lima k#15 a cada una y se observó que la punta de la lima coincidiera con la embocadura del foramen apical de cada una de las piezas. A partir de aquí se hizo coincidir el tope de hule de la lima con el punto de referencia de la corona para posteriormente sacar la lima del diente y realizar la medición y a este resultado restarle 0.5 mm y de esta manera obtener la longitud de trabajo deseable “clínicamente”. Luego entonces los sumergieron en alginato en dos grupos de 10 y procedieron a realizar las mediciones con los 5 localizadores apicales y de esa manera evaluar la eficacia de cada uno de ellos. Se encontró que el localizador apical Root zx y el E Magic Finder mostraron mayor precisión que los otros tres. ⁽¹⁷⁾

En el estudio “Accuracy of a new apex locator: an in vitro study” se buscó determinar la exactitud del Bingo 1200 comparando los resultados con el RootZX y el método radiográfico. Un total de 120 dientes extraídos monoradiculares o conductos elegidos aleatoriamente de dientes multiradiculares fueron utilizados para este estudio. Se dividieron en 12 grupos de 10 y luego fueron sumergidos en alginato. Se procedió a realizar la medición con los localizadores tres veces con cada una de las piezas y a la última medición se tomó una radiografía. En este estudio cada uno de los conductos fue instrumentado hasta la lima k#40 e irrigado con hipoclorito de sodio al 10% y luego secado con puntas de papel y aire a presión. Aquí se determinó que el Bingo 1200 fue igual de exacto que el RootZX. ⁽¹⁴⁾

En el estudio “An in vitro comparison of root canal measurement in permanent teeth by electronic apex locator, conventional and digital radiography”, la muestra estaba formada por 50 piezas dentales extraídas y se realizaron mediciones radiográficas utilizando la técnica de paralelismo, luego la medición electrónica fue realizada con un localizador apical de tercera generación que fue el Dentaport ZX, y la medición de la longitud actual fue realizada por observación directa de la salida de la punta de la lima. Y por último las mediciones obtenidas con el método radiográfico y el localizador electrónico apical fueron comparados con la longitud actual. Se concluyó en la investigación que la combinación de métodos radiográficos digital y localizador apical para determinar la longitud del canal radicular lograron una mayor precisión.⁽¹⁰⁾

IV. PROBLEMA

El localizador electrónico apical (LEA) es un aparato utilizado para facilitar la realización de un tratamiento endodóntico localizando el foramen apical de manera más efectiva, fácil, con menor exposición al paciente de radiación y la detección temprana de perforaciones y fracturas a nivel radicular. El establecimiento correcto del límite apical para la instrumentación es aceptado como uno de los más importantes procedimientos operativos en endodoncia.^(4, 15)

Existen cinco métodos para establecer la longitud de trabajo, que son el conocimiento anatómico, sensación táctil, la humedad en puntas de papel, radiografías y los localizadores apicales; la combinación de ellas para su determinación pueden llevar al éxito del tratamiento de conductos radiculares (TCR). Existen ciertas limitaciones al utilizar solamente los métodos tradicionales antes mencionados, por ejemplo la sensación táctil pueden ser utilizadas solo en manos experimentadas y aún así presenta varias limitantes.⁽⁹⁾

I-Root[®] (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III[®] (Woodpecker, China) miden los valores de resistencia a la impedancia y capacitancia, y los compara con los números que tiene en una base de datos logrando de esta forma determinar la distancia a la que se encuentra un instrumento hasta llegar al ápice utilizando dos señales de 0.5 y 4 Khz. En ambos LEA's el fabricante asegura que se producen menos errores y que presenta una alta precisión, sin embargo, no existen estudios que justifiquen la existencia de los LEA's de quinta generación y más importante aún, estudios independientes a la compañía fabricante que respalden su exactitud.⁽⁵⁾

Los LEA's de quinta generación han sido mencionados constantemente en los manuales del fabricantes de diferentes localizadores apicales, sin embargo no existen estudios en revistas indexadas e independientes a los fabricantes de los mismos que logren marcar la diferentes entre un localizador apical de cuarta y uno de quinta generación; ya que en ambos casos se comparten las mismas características deseables en un localizador apical que es la exactitud, facilidad de uso, rápido, detección de perforaciones, no afecta la función del marcapasos cardiaco, entre otros. El avance en la existencia de generaciones mas recientes de LEA's en la historia se ajustan a la creación de tecnología reciente para la determinación de la longitud de trabajo, , sin embargo un generación más reciente no necesariamente muestra una relación directa con un dispositivo exacto; he aquí la importancia de los estudios tanto *in vitro* como *in vivo* siendo un respaldo en la toma de decisión para el clínico sobre cual debe adquirir según la exactitud en la determinación de la longitud de trabajo en el TCR.^(9, 21)

A partir de lo antes mencionado nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Serán exactos los localizadores apicales I-Root[®] y Woodpex III[®] para determinar la longitud real hasta el foramen apical?

V. JUSTIFICACIÓN

El éxito del tratamiento de conducto radicular depende directamente en la determinación de la longitud de trabajo con exactitud y de mantener el mismo durante la instrumentación siendo los localizadores apicales aparatos que ayudan a agilizar este proceso. El foramen apical puede terminar exactamente en el ápice radicular o a un lado del mismo; siendo un problema localizarlo radiográficamente si el mismo se encuentre ubicado en bucal o lingual dificultando determinar si el material de obturación se ha salido al tejido periapical resultando clínicamente un problema de dolor para el paciente.⁽²⁰⁾

Una recomendación muy importante dada por Langeland al momento de determinar la longitud de trabajo es 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 poder descartar que se localice en el tejido periodontal. La razón principal por la que se debe conocer la longitud de trabajo es debido a que la instrumentación mas allá de la constricción apical provoca un crecimiento innecesario de la herida pulpar, además de haber contaminación del conducto radicular, la cual interfiera 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 TCR.⁽⁹⁾

En el mercado hoy en día se cuenta con una gran variedad de localizadores electrónicos apicales, debido a ello es importante que el clínico cuente con estudios controlados de los mismos para poder hacer uso del mismo de forma confiable. En las revistas indexadas no se cuentan con estudios que muestren la exactitud en la localización de la longitud de trabajo de los localizadores apicales I-Root[®] y Woodpex III[®].

El localizador apical Root ZX[®] de la casa J. Morita Corp., considerado el estándar de oro, puede ser encontrado en el mercado guatemalteco a un mayor precio que los localizadores I-Root[®] (Korea del Sur) y Woodpex III[®] (China), debido a que cuenta con diversos estudios que prueban su alta exactitud además de ser producido en Kyoto, Japan. La exactitud de los localizadores apicales I-Root[®] y Woodpex III[®] demostrados en este estudio servirán de base para la realización de estudios clínicos posteriores que permitirán su mayor uso clínico con una mayor confianza.

El presente estudio fue realizado por dos investigadores, Franklin Steven Matzdorf Gómez y Betzy Michelle Ponce Letona, debido al alto coste del equipo y materiales utilizados, así como a la metodología empleada para realizar el estudio a doble ciego.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Historia del localizador electrónico apical

En 1918, Custer fue el pionero en investigar el método de medición de la longitud de la raíz por un medio electrónico. Luego fue revisado por Suzuki (1942) quien estudió la fluidez de corrientes directas usando como muestra los dientes de perros, donde el registró valores constantes en la resistencia eléctrica entre el instrumento dentro del conducto radicular y un electrodo en la mucosa oral. Luego Sunada (1962) tomó estos principios y construyó un aparato simple que utilizó corriente directa para medir la longitud del conducto radicular, el uso de ésta causó inestabilidad al medir y la polarización de la punta de la lima lo cual alteró la medición.⁽⁹⁾

El localizador apical ha sido modificado con el paso de tiempo existiendo en total cuatro generaciones bien documentadas. En las dos primeras generaciones, se encuentran aparatos sensibles al contenido del conducto radicular y a los irrigantes utilizados durante el tratamiento como el hipoclorito de sodio. Con el tiempo se fue modificando el aparato y para la tercera generación se empieza a utilizar un algoritmo llamado “método de medición proporcional”, encontrándose en este grupo el LEA “Root ZX” considerado actualmente el estándar; en resumen en esta generación se mide la impedancia del conducto con dos fuentes de corrientes de frecuencias diferentes determinando luego el cociente empleando los potenciales electrónicos proporcionales a cada impedancia. La principal ventaja de esta generación, es que los resultados no se ven afectados por los electrólitos encontrados dentro del conducto radicular. En la cuarta generación se utiliza una de las dos frecuencias a la vez, luego se compara la información de la resistencia y la capacitancia con una base de datos que determina la distancia entre la lima y el ápice radicular.⁽⁹⁾

6.2. Importancia de la longitud de trabajo en un tratamiento de conductos radiculares

El límite apical de instrumentación y la obturación final del conducto radicular juegan un rol importante para el éxito del TCR. En 1930, Grove estableció que el punto exacto al cual el conducto radicular debe ser obturado es hasta la unión cemento-dentinaria; y que la pulpa dental debe ser eliminada hasta el punto de unión con la membrana periodontal. La unión cemento-dentinaria es el punto anatómico e histológico en donde termina la pulpa dental y el ligamento periodontal inicia.⁽⁹⁾ Las técnicas de preparación del conducto radicular apuntan a hacer uso del potencial de la barrera natural

que se encuentra entre el conducto radicular y los tejidos apicales. Por otro lado, la extrusión de la gutapercha de esa barrera provoca una severa inflamación (Figura 1).

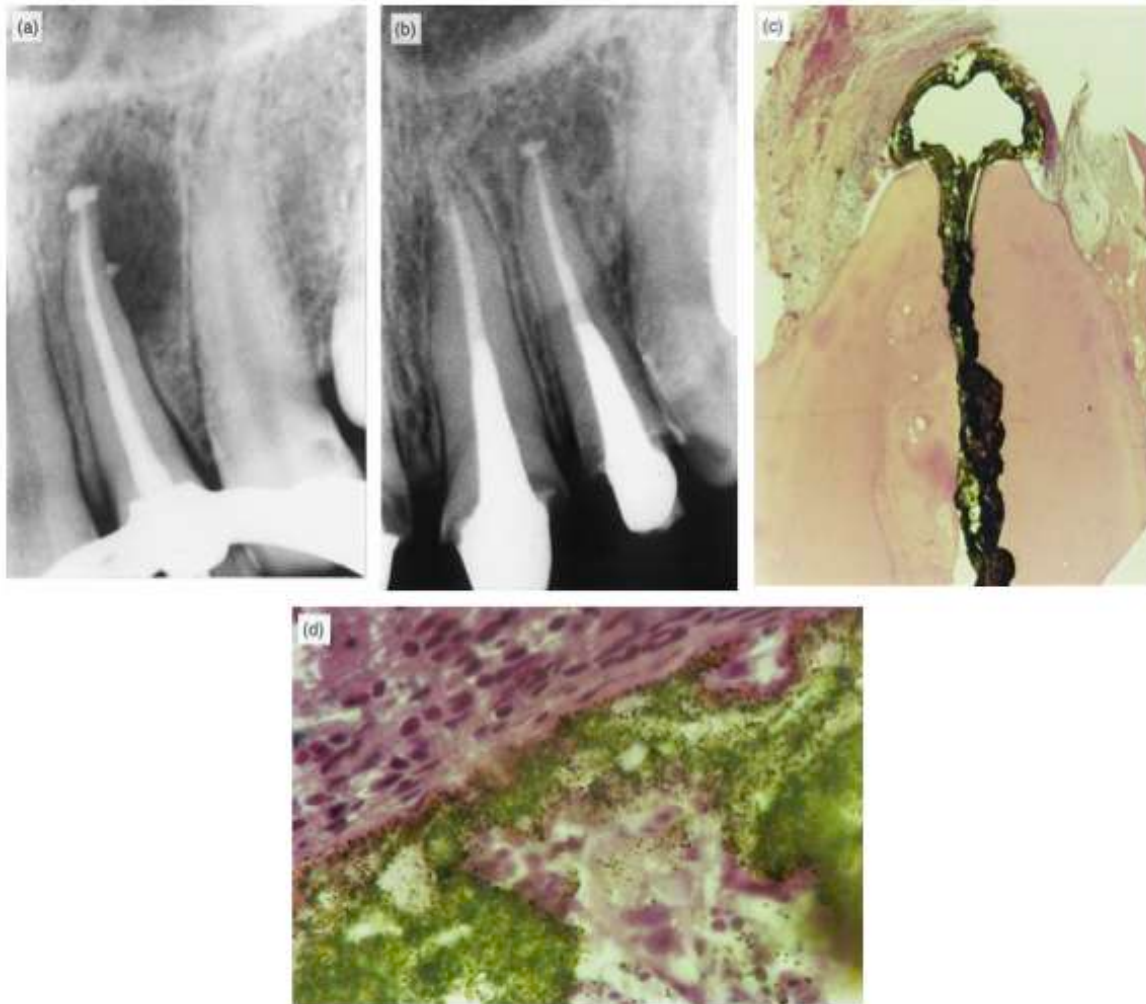


Figura 1 Caso presentado en el artículo “Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part II: a histological study” en la Revista International Endodoncia en el año de 1998 ⁽¹⁹⁾. (a) En este se muestra la pieza no. 2.2 de un paciente femenino de 22 años de edad que se presentó con sintomatología dolorosa y signos de tejido blando inflamado y fiebre. El mismo fue drenado y se prescribió antibiótico durante una semana, luego de dos semanas fue revisado nuevamente mostrando respuesta negativa a los exámenes de sensibilidad pero positivo a los de percusión. (b) La pieza presentaba un TCR obturado mas allá del foramen apical que presentaba una radiolucencia alrededor del material extruido. (c) Se observa tejido inflamatorio adyacente al material de obturación, aparentando un espacio vacío. (d) En este corte histológico se muestra la presencia de tejido fibroso alrededor del material de obturación con células crónicas inflamatorias. Entre las partículas del material sellador hay tejido periapical desintegrándose con remanentes de núcleos de leucocitos. ⁽¹⁹⁾

Existen cinco métodos para establecer la longitud de trabajo: (1) conocimiento de la anatomía (2) sensación táctil (3) humedad en puntas de papel (4) radiografías y (5) localizador apical; la combinación de ellas para su determinación pueden llevar al éxito del TCR. Existen ciertas limitaciones al utilizar solamente los métodos tradicionales antes mencionados, por ejemplo la sensación táctil pueden ser utilizadas solo en manos experimentadas y aún así tiene varias limitantes. Las variaciones en la anatomía de la constricción apical como su localización, tamaño, tipo de diente y edad hacen poco confiable el asesorarse con este tipo de método. Seidverg et al. (1975) demuestra que, a pesar de haberse realizado en manos de clínicos expertos, solo el 60% pueden localizar la constricción apical usando la sensación táctil (Figura 2).⁽⁹⁾

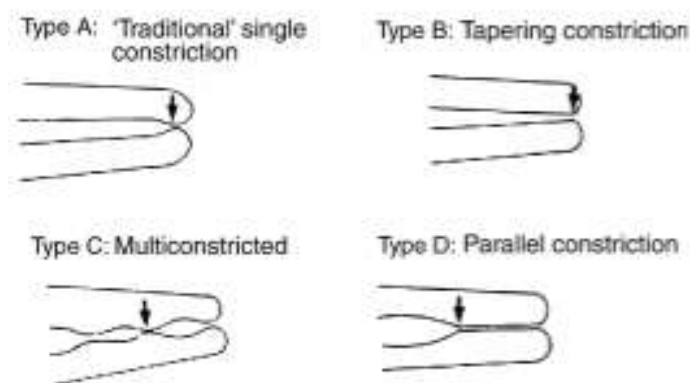


Figura 2 Clasificación de la topografía de la constricción apical (Dummer, 1984).⁽⁹⁾

En una radiografía periapical no podemos observar la localización exacta del foramen apical esto se debe a que en la misma se observa una imagen en dos dimensiones de una estructura que cuenta con tres; Olson et al. (1991) encontró que solamente el 82% de la punta de la lima aparecía en el ápice del diente. A pesar de lo anterior la radiografía pre operativa es esencial para determinar la anatomía del sistema de conductos radiculares, el número y curvaturas de las raíces, la presencia de absesos o enfermedad, y funciona como guía inicial de la longitud de trabajo.⁽⁹⁾

Luego de realizar varios estudios longitudinales basados en el conocimiento de la anatomía del tercio apical del conducto radicular y la reacción histológica de la pulpa hacia la progresión de caries se logra demostrar la presencia de pulpa vital en el ápice radicular inclusive en presencia de lesión periapical. Así es que, es válido dejar una obturación homogénea ligeramente corta, de 1 a 2 mm, para obtener el mayor éxito en el tratamiento de conducto radicular comprendido entre el 90-94%.⁽²⁰⁾

Weine (1982) estableció que, en general, un punto localizado a un milímetro coronal del ápice es lo más cercano al área de la unión cemento-dental. Wine acordó con el estudio de Kuttler (1951) quien identificó un menor diámetro o constricción apical como el punto en donde la preparación debería terminar y en donde la deposición de tejido calcificado es más deseable.⁽²⁰⁾

En casos de radiolucencia periapical con signos radiográficos de reabsorción periapical, la preparación debiera de acortarse 0.5 mm del ápice radiográfico. Ingle (1973), basado en el estudio de Kuttler, estableció que el diámetro más pequeño del foramen apical está localizado en la unión cemento dental el cual está situado usualmente a 0.5mm de la superficie externa de la raíz.⁽²⁰⁾

Guldener (1985) sugirió trabajar piezas necróticas a menos 0.5mm. En casos de pulpas vitales recomendó su extirpación a menos 1 mm del largo total. Langeland afirmó que lo más frustrante para el clínico es no tener una distancia exacta con un diagnóstico radiográfico. Esto se debe a que el demostró histológicamente que la UCD (unión cemento dental) es muy irregular y ninguna coincide con la constricción apical (Figura 3).

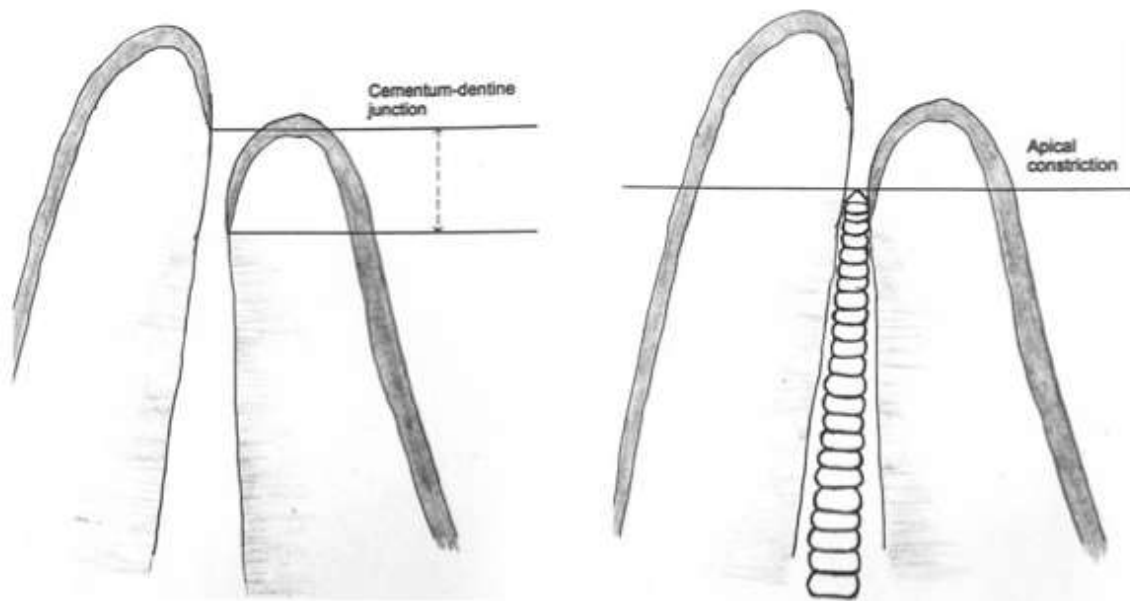


Figura 3 En la imagen de lado izquierdo se señala la localización de la unión cemento dental y en la del lado derecho se marca la localización de la constricción apical; se puede observar que ambos nunca coinciden.⁽²⁰⁾

Langeland recomienda finalmente 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 poder descartar que nos encontramos en el tejido periodontal. Finalmente se debe saber que la

instrumentación mas allá de la constricción apical provoca un crecimiento innecesario de la herida pulpar, además de haber contaminación del conducto radicular, la cual interfiera 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. (Langeland 1996).⁽²⁰⁾

Pecchioni (1983) afirmó que durante la instrumentación es mejor no llegar mas allá de 0.5-1 mm del ápice radiográfico. En resumen, la mayoría de autores sugieren instrumentar y obturar más corto que el ápice radiográfico, aunque Schilder si vaya mas allá. Algunos sugieren que el UCD sea el limite ideal (Ingle 1973, Winne 1982, Neguyen 1985, Taylor 1988).⁽²⁰⁾

La zona de constricción máxima o constricción apical, ha sido erróneamente considerada como UCD y como ya anteriormente se ha descrito, la UCD no puede llegar a establecerse por ningún método, solamente histológicamente.⁽²⁰⁾

Otros estudios aconsejan que la longitud de trabajo debiera de medirse hasta la constricción apical. La constricción apical cuando es vista en un corte seccional histológico, es la parte mas angosta del conducto radicular, y para una óptima recuperación es necesario que la preparación llegue hasta esta marca. Varios estudios anatómicos han determinado que la constricción apical se encuentra de 0.5-1 mm desde la abertura apical o el foramen mayor. La constricción apical no es posible visualizarla en tomas radiográficas.⁽²⁰⁾

El número de forámenes varia de 1-6 y siempre terminan cortos al ápice a 0.20-3.80mm. Esto representa un problema para el clínico, porque este fenómeno es reconocido radiográficamente solamente cuando el foramen termina en el aspecto mesial o distal de la raíz. Cuando el foramen termina en bucal o lingual no es posible reconocerlo radiográficamente.⁽²⁰⁾

Casos de falla en endodoncia, son estos, cuando el conducto radicular aparentemente parece estar corto de obturación radiográficamente y realmente está sobre obturado e inclusive va más halla del foramen. Apicectomía y cortes sucesivos histológicos demostraron que el material de obturación se protruyó dentro del ligamento periodontal en el aspecto bucal (Ricucci et al. 1991).^(19, 20)

El mejor lugar para terminar el procedimiento de preparación es en la constricción apical, la cual está usualmente localizada a una distancia entre 1-2 mm del ápice radiográfico, manteniendo en mente que en algunos casos el foramen puede encontrarse algunos milímetros más cortos que el ápice (Ricucci et al. 1991, Gutierrez & Aguayo, 1995).⁽²⁰⁾

Desde 1956 muchos estudios estadísticos longitudinales sobre pronósticos de tratamientos de endodoncia han sido publicados permitiendo determinar a largo plazo el éxito/fracaso de un TCR donde se utilizaron LEA. De esos estudios puede realizarse una correlación entre variables clínicas y rango de éxito. Uno de los aspectos mayormente estudiados es el rango de éxito relacionado con el nivel radiográfico de la obturación endodóntica. Stringberg (1956) sugirió un modelo de pronóstico radiológico y clínico, y concluyó que el mayor rango de éxito en endodoncia se obtiene cuando la obturación termina a 1 mm corta del ápice radiográfico.^(1, 2, 4, 5, 6, 10, 13 y 20)

Suartz (1983) evaluó algunas variables y llegó a la siguiente conclusión: “conductos radiculares sobreobturados eran cuatro veces mas propensos a fallar que los conductos radiculares obturados a nivel del ápice radiográfico”. Sjögren et al.(1990) encontró que en raíces con pulpa necrótica y lesión periapical podía obtenerse el mejor pronostico con obturaciones a menos 2 mm del ápice radicular (94%). A diferencia, en casos con excesiva obturación el éxito decrecía a 76%.⁽²⁰⁾

Friedman et al.(1995) encontró que en presencia de cemento extruido el éxito era de 56.7% contra 81.9% en ausencia de extrusión. Estudios concuerdan que una obturación inadecuada del conducto radicular y una sobre obturación están fuertemente asociadas con la presencia de enfermedad periapical. Está claro que todo los estudios confirman la práctica de dejar corta la obturación del ápice radicular para obtener un mayor rango de éxito.⁽²⁰⁾

Seltzer et al. (1969) concluyeron que, en casos de extirpación de pulpa vital, resultados óptimos, en términos de reparación tisular, fueron obtenidos cuando el conducto radicular era instrumentado y obturado corto al ápice. Enfatizaron que al forzar los materiales de obturación dentro de los tejidos periapicales, estos causan respuesta inflamatoria que persiste. Estos materiales extraños actúan como irritantes continuos. Sobre todo los mejores resultados eran obtenidos cuando la pulpa apical mantenía su vitalidad y ningún material extraño es impregnado hacia el tejido periapical.⁽²⁰⁾

Existe un acuerdo sustancial entre muchos investigadores en cuanto a que es preferible la pulpectomia parcial a la pulpectomia total en el tratamiento de pulpas vitales.⁽²⁰⁾

No existen etapas identificables durante el proceso de la enfermedad pulpar. Para propósitos de tratamiento endodóntico, la única distinción que debiera realizarse es cuando hay o no necrosis y colonización bacteriana que ya ha alcanzado mas allá del orificio coronal de un conducto radicular. Una consecuencia clínica de esta observación sería el detener la instrumentación a nivel de la

constricción apical, la cual se encuentra corta del ápice radiográfico, incluso en la presencia de lesión periapical, es apropiado dejar tejido en el área del foramen sin molestar. ⁽²⁰⁾

Lo más importante para el éxito o fracaso del TCR no es el método de instrumentación del conducto sino el conocimiento de la anatomía del conducto radicular (recto, curvado o ramificado) y la patogenia (reabsorción/ aposición) (Langeland et al. 1985, Pascon et al. 1991). ⁽¹⁹⁾

Nygaard – Ostby en 1939 y 1944 establecieron que el mejor pronóstico era obtenido cuando el tejido del foramen apical se dejaba sin molestia en casos de vitalidad pulpar, y Langeland (1987) repetidas veces demostró que puede dejarse tejido sin molestar y desinflamado también en casos donde hay necrosis pulpar. ⁽¹⁹⁾

El beneficioso efecto que largamente a sido anunciado de dejar la terminación en el UCD es totalmente irrelevante para la sanación. Primero, la UCD no está donde la mayoría de practicantes cree que esta, de hecho éste puede encontrarse a tres milímetros mas alto en una pared que de la otra pared. Y en segundo lugar, este no puede ser encontrada clínicamente en ningún caso (Langeland 1995). ⁽¹⁹⁾

La localización anatómica de la constricción apical no puede ser determinada clínicamente con certeza. Esta ha sido hallada a lo largo de 3.8 mm del ápice anatómico en un estudio (Gutiérrez & Aguayo 1995). Por consiguiente, aunque clínicamente deseable, no puede establecerse un rango milimétrico para asegurar una constante distancia común de la constricción apical hacia el ápice anatómico y ciertamente menos aún desde el ápice radiográfico. ⁽¹⁹⁾

Una medición basada en el largo radicular en lugar del largo del conducto puede acarrear una sobre obturación involucrando el tejido periapical. La mejor condición de curación existe donde la herida es pequeña y para lograr el menor daño posible debe existir más de un milímetro corto del ápice radiográfico. La obturación a un milímetro corto del ápice radiográfico está de hecho ya creando una herida en el tejido periapical. ⁽¹⁹⁾

6.3. Anatomía del foramen apical

El foramen apical es la abertura encontrada al final del ápice de la raíz donde el nervio y los vasos sanguíneos ingresan al conducto radicular y la cámara pulpar; en ella se da la unión entre el tejido pulpar y el tejido periodontal. La anatomía del foramen apical cambia con la edad debido a la deposición de tejido duro, distanciándose el foramen del ápice anatómico del diente siendo la regla que existe menor distancia entre esos puntos en dientes jóvenes y anteriores, y mayor en posteriores de

personas adultas. Este presenta un foramen mayor, que se encuentra en contacto con el tejido periodontal, y el foramen menor, conocido también como constricción apical, siendo la parte mas estrecha del conducto radicular con menor diámetro y menor cantidad de suministro de sangre siendo la parte ideal para terminar la instrumentación y obturación en un TCR debido a que la herida es menor con condiciones aptas para sanar. ⁽⁹⁾

La posición del foramen menor varia entre dientes así como su relación con la unión cemento dentina. La unión cemento dentina puede encontrarse 3 mm más arriba en una pared del diente que en la otra. Tomando como referencia diferentes estudios se considera que la unión cemento dentina ocurre en la constricción apical, encontrándose entonces la longitud de trabajo de 1-2 mm corto del ápice anatómico visto radiográficamente. ⁽⁹⁾

La constricción apical funciona como barrera natural entre el conducto radicular y tejido periodontal cercano al ápice radicular (Tronstad 1991); la localización radiográfica de la misma no es identificable gracias a errores en la proyección al momento de usar la película radiográfica y la variación anatómica (Surmont et al. 1992). ⁽¹²⁾

Los localizadores apicales de primera y segunda generación no pueden lograr medir la longitud de trabajo cuando se encuentran ante la presencia de fluidos radiculares, siendo extremadamente necesario que el mismo se encuentre seco (Ushiyama 1983). A diferencia de los anteriores, los localizadores apicales de tercera y cuarta generación logran determinar el foramen mayor y menor debido a la medición de la impedancia entre la punta de la lima y el fluido del conducto radicular en las distintas frecuencias gracias a la resistencia eléctrica de la dentina (Ushiyama 1983). ⁽¹²⁾

6.4. Localizador electrónico apical: Definición

El localizador de ápice electrónico (LEA) es un aparato que es utilizado para determinar la longitud de trabajo de cada conducto radicular encontrado en las raíces dentales al momento de realizar un tratamiento de conductos radiculares (TCR); para el éxito de este último se debe realizar la remoción de todo el tejido pulpar encontrado dentro de la cámara pulpar y conducto radicular para luego ser obturado con un material que permitirá que el diente dure más tiempo en boca y no se ocasione daño al periodonto. ^(11, 21)

Este utensilio a parte de determinar la longitud de trabajo, nos permite otras ventajas como: reducir la cantidad de exposición a rayos X al paciente, odontólogo y personal auxiliar debido a la menor

cantidad de radiografías periapicales necesarias permitiendo que el TCR sea realizado en menos tiempo; nos brinda información extra que no brinda una imagen de dos dimensiones en la radiografía, siendo una herramienta extra y no un sustituto del mismo; y por último detecta perforaciones y fracturas en el conducto radicular. ⁽¹¹⁾

En un inicio su uso era únicamente brindar información acerca de la longitud de trabajo en un TCR debido a la simplicidad del dispositivo, sin embargo, con el paso del tiempo, la misma ha sufrido de ciertas modificaciones logrando que sea más preciso y predecible en lograr su objetivo principal y ser una ayuda para brindar mayor información acerca del estado del diente.

Los LEA son aparatos muy sensibles que proveen información importante durante la terapia endodóntica, en una revisión bibliográfica de 10 estudios se encontró que la sensibilidad de los mismos se encuentra en un rango de 34.4% a 93.4%, con una medida de 83% (Wrbas et al., 2006; Hoer & Attin, 2004; Dunlap et al., 1998; Mayeda et al., 1993). Existen casos en donde se reporta inexactitud de los localizadores apicales cuando se realiza tratamiento en piezas con necrosis debido a la posible obliteración del ligamento periodontal apical y/o constricción apical debido al proceso de enfermedad; sin embargo, estos últimos son inusuales y la permeabilidad del conducto puede ser revisada previo a iniciar el uso del aparato. Muchos autores aseguran que la existencia de necrosis o lesiones apicales de larga duración no se tiene efecto significativo en la exactitud de los localizadores de ápice. ⁽¹¹⁾

El empleo de los localizadores apicales mejoran la calidad de la longitud de obturación y reduce el número de radiografías necesarias sin embargo, no se debe considerar infalibles. Otro caso que puede afectar los datos obtenidos por el mismo es su uso en raíces con ápice radicular abierto debido a no encontrarse completamente formadas pero luego de su maduración el problema deja de existir. El uso combinado del LEA y la toma de radiografías periapicales permite mayor precisión para determinar la longitud de trabajo al mismo tiempo que se obtiene mayor información sobre la anatomía radicular. ⁽²⁰⁾

El uso de localizadores apicales sin la utilización de radiografía preoperatoria y postoperatoria no es recomendado dado a la gran variedad en la morfología de las raíces, además de la importancia de mantener un récord médico legal. ⁽¹⁰⁾

Este aparato está constituido por cuatro partes: Clip labial, clip para la lima, instrumento propiamente dicho que tiene un pantalla para observar el avance de la lima a lo largo del conducto radicular y el cable que conecta las tres partes. Existen advertencias sobre evitar su uso en paciente con marcapasos, a menos que se cuente con la autorización del cardiólogo; sin embargo existe estudios *in vitro* donde se

conectaron cinco localizadores apicales al mismo y no hubo interferencia en el funcionamiento del marcapasos. ⁽¹¹⁾

6.5. Localizadores electrónicos apicales y sus avances por generaciones a través del tiempo:

Existen diversos estudios que permitieron y permiten determinar la precisión de los LEA que han existido a través del tiempo; en los estudios *in vitro* se ha utilizado materiales electro conductivos para simular una situación clínica, como por ejemplo el alginato, gelatina, agar o agua salina (Czerw et.al 1994, Meares & Steiman 2002). A continuación se menciona los distintos localizadores apicales que han existido a través del tiempo con sus ventajas/desventajas hasta llegar a la época actual con localizadores apicales más precisos y con otras funciones aparte de determinar la longitud de trabajo. ⁽⁹⁾

6.5.1. Primera generación

The Root Canal Meter (“el medidor del conducto radicular”) desarrollado por Onuki Medical Co. Tokyo, Japón en 1969. Este método utilizaba resistencia y alternaba corrientes. La mayoría de veces el dolor era predominante cuando corrientes muy altas eran transmitidas por la máquina original, así que la primera máquina fue mejorada y pasó a llamarse “The endodontic meter SII”, el cual utilizaba una corriente más débil (Kobayashi 1995). A este aparato basado en resistencias se descubrió que al compararlo con radiografías no coincidía con la longitud de trabajo. ⁽⁹⁾

6.5.2. Segunda generación

Utiliza impedancia de frecuencia única en lugar de resistencia para medir. La impedancia se compone de la resistencia y de la capacitancia y tiene una huella de amplitud sinusoidal. El aparato es usado para medir distancias en diferentes condiciones del conducto radicular utilizando diferentes frecuencias; este método fue ideado por Inoue en 1971 creando el “Sono-Explorer” de Hayashi Dental Supply, Tokio, Japan. El sonido que el mismo producía indicaba cuando se alcanza el ápice radicular. En 1986, Yamaura Seisokushu introdujo el “Endocater” que utilizaba alta frecuencia y podía realizar mediciones en conductos radiculares con presencia de fluidos.

Un incremental número de localizadores de segunda generación fueron diseñados y puesto a la venta, pero todos sufrían del mismo problema de lecturas incorrectas en presencia de electrolitos dentro del conducto radicular ya sea seco o húmedo, siendo aún más frecuente en el último. ⁽⁹⁾

6.5.3. Tercera generación

Esta generación es similar a la segunda, con la única diferencia que estos utilizan múltiples frecuencias para determinar la distancia del final del conducto radicular. Estas unidades tienen microprocesadores más poderosos y son capaces de procesar cocientes matemáticos y algoritmos, cálculo requeridos para dar una lectura precisa.

El “Endex/Apit” creado por Saito & Yamashita (1990) utilizaba valores relativos en respuesta a las frecuencias que detecta la constricción apical calculando la diferencia entre dos potenciales directos recogidos por los filtros cuando una onda de 1kHz es aplicada al conducto. El LEA es capaz de realizar mediciones inclusive en conductos radiculares con electrolitos, pero debe ser calibrado al utilizarlo en un distinto conducto. ⁽⁹⁾

Ya que todas las líneas (generaciones) anteriores de LEA tenían un principal defecto que proporcionaban lecturas erróneas en presencia de electrolitos, esto fue eliminado por Kobayashi cuando introdujo en 1991 el autocalibrado “Root ZX” de la J. Morita, Tokio, Japan (Kobayashi & Suda 1994). La razón de este método comprende el principio de que dos corrientes eléctricas con diferentes frecuencias de onda sinusoidal, tienen impedancias medibles y comparadas como una razón no importando el tipo de electrolito que se encuentre dentro del conducto radicular. La capacitancia de cada conducto se incrementa significativamente al acercarse a la constricción apical, y el consciente de las impedancias cae repentinamente cuando la constricción apical es alcanzada. El cambio en la capacitancia electrónica en la constricción apical es la base para la operación del “Root ZX” y su ya reportada exactitud. ⁽¹⁾

Desde la introducción del Root ZX[®], que utiliza dos frecuencias diferentes (8 y 0.4 Hz), ha recibido considerable atención y llegó a ser el estándar al cual todos los demás localizadores se le comparan. Estudios han dado resultados de una exactitud del 90% a 0.5mm del foramen apical, y otros estudios han reportado 100% de exactitud si 1mm fuera aceptado. Dentro de este grupo se incluye también el “Apex finder All fluids allowed” (EIE Analytic Endodontics 2002), “Neosono ultima EZ” (Satelec Inc., Mount Laurel, NJ. USA), entre otros. ^(1,9)

6.5.4. Cuarta Generación

Esta generación es parecida a la tercera, ya que ambas utilizan dos frecuencias separadas, en este caso 400 Hz y 8 kHz. El fabricante dice que la combinación de utilizar una sola frecuencia por vez y

basando las medidas de los valores de la media cuadrada incrementa la exactitud de las mediciones y la confiabilidad del aparato. En un estudio *in vitro* de LEA Bingo 1020 / Ray-Pex 4 se encontró que es tan confiable como el Root ZX y además fácil de usar. ⁽⁹⁾

“Elements Diagnostic Unit and Apex Locator 2003” (SybronEndo, Anaheim, CA., USA) es un localizador apical que no procesa la información de la impedancia como un algoritmo matemático, sino que toma las medidas de la resistencia y la capacitación y las compara con una base de datos para determinar la distancia hacia el ápice del conducto radicular. Este utiliza dos señales en forma de onda compuestas, 0.5 y 4 kHz comparado con 8 y 0.4 kHz del Root ZX. El fabricante asegura que este permite menos errores de medición y lecturas mas consistentes. ⁽¹⁾

6.5.5. Quinta generación

Los localizadores apicales de quinta generación no cuentan con estudios formales, sin embargo en el manual del fabricante se hace uso de este termino y se puede mencionar un articulo ⁽²¹⁾ en donde se numeran algunas de las ventajas que supuestamente provee esta generación que son:

- Medición del conducto radicular con exactitud incluso en la presencia de fluidos del conducto radicular o completamente seco.
- Provee al operador con una lectura digital, ilustración grafica y señal audible.
- El localizador apical puede utilizarse como analizador de vitalidad pulpar logrando determinar la adecuada y efectiva anestesia.
- Exacto.
- Fácil de usar y rápido.
- Reduce la exposición a la radiación, debido a reducción en la toma de películas radiográficas para estimar la longitud de trabajo.
- Detección de perforaciones.
- Puede medir el conducto radicular hasta la constricción apical o marginalmente corto a este.
- No afecta la función del marcapasos cardiaco de los pacientes; sin embargo no es recomendado a menos que el cardiólogo lo autorice.
- Se encuentra incorporado a nueva tecnología como por ejemplo el TriautoZX es una turbina con contra ángulo que reduce la velocidad de 1/10 y se encuentra combinado con el Root ZX; este último monitorea la lima durante el procedimiento de preparación del conducto radicular.

6.6. Otros usos para los localizadores apicales:

Detección de perforaciones en las raíces. (Fuss et al. 1996, Kaufman et al. 1997). Azabal et al. 2004 encontró que el Justy II era capaz de detectar fracturas horizontales pero poco confiable para medir fracturas verticales. ⁽⁹⁾

LEAS con funciones múltiples están siendo mas comunes y algunos realizan pruebas de vitalidad pulpar. La combinación de LEAS y piezas de mano eléctricas están siendo mas comunes y son capaces de lograr excelentes resultados con la misma precisión que las unidades normales (simples) (Steffen et al. 1999) como por ejemplo el SOFY ZX, J. Morita. ^(1, 9)

6.7. Problemas asociados con el uso de localizadores apicales

La mayoría de LEA de generaciones recientes no son afectados por irrigantes dentro del conducto y el Root ZX es mas preciso en presencia de hipoclorito de sodio. Fenómenos biológicos como la inflamación pueden tener efectos en la exactitud (Kovacevic & Tamarut 1998). En presencia de tejido vital intacto, exudado inflamatorio y de sangre aún pueden conducir corrientes eléctricas pero causan lecturas imprecisas así que su presencia debe ser minimizada antes de aceptar lecturas de ápice. Otros conductores que pueden causar corto circuito son: restauraciones metálicas, caries, saliva e instrumentos en un conducto secundario. Debe tomarse precaución si alguna de estas variables existe. ^(1, 9)

Carencia de permeabilidad, la acumulación de debris y calcificaciones pueden afectar la exactitud en la determinación de la longitud de trabajo. El tamaño del foramen apical también tiene influencia en la determinación de la longitud de trabajo para el localizador apical. Huang (1987) encontró que cuando el tamaño del foramen mayor era menor de 0.2 mm de diámetro las mediciones no eran afectadas, inclusive en presencia de irrigantes dentro del conducto, pero mientras incrementa el mismo sobre los 0.2 mm se va perdiendo la exactitud de la determinación. ⁽⁹⁾

La interferencia electromecánica del equipo dental, incluyendo los localizadores apicales, pueden interferir potencialmente en un marcapasos Woolly et al. (1974). El fabricante advierte sobre su utilización en paciente con marcapasos. Garofalo et al. (2002) condujo un estudio donde se utilizaron localizadores desde tercera a quinta generación, y se concluyo que ninguno causa interferencia con marcapasos en función normal excepto el Bingo 1020. ⁽⁹⁾

VII. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Establecer la exactitud de los Localizadores electrónicos apicales I-Root® y Woodpex III® para determinar la longitud total hasta el foramen apical.

Objetivos específicos:

1. Establecer la longitud real determinada por el microscopio a 5X hasta el foramen apical.
2. Establecer la longitud electrónica determinado por el localizador apical I-Root®.
3. Establecer la longitud electrónica determinado por el localizador apical Woodpex III®.
4. Comparar la longitud real con las mediciones de la longitud total hasta el foramen apical de los localizadores apicales I-Root® y Woodpex III® para establecer diferencias estadísticamente significativas.

VIII. HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

1. No hay diferencia estadísticamente significativamente con un 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical I-Root[®].
2. No hay diferencia estadísticamente significativamente con 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical Woodpex III[®].

Hipótesis alterna:

1. Existe diferencia estadísticamente significativamente con un 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical I-Root[®].
2. Existe diferencia estadísticamente significativamente con 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical Woodpex III[®].

IX. VARIABLES

1. Longitud real de los conductos radiculares de las piezas monoradiculares: magnitud física obtenida en milímetros desde el tercio cervical de la corona clínica hasta el ápice radicular luego de observar la punta de la lima K flex #15 por medio del microscopio estereoscópico marca D.F. Vasconcellos y realizar su medición utilizando el calibrador tipo Boley (Alkimia).
2. Exactitud de los localizadores apicales:
 - I-Root[®] (S-Denti, Korea del Sur)
 - Woodpex III[®] (Woodpecker, China)

La exactitud es determinada por medio de la comparación de las medidas obtenidas en milímetros por los localizadores apicales contra el valor real del conducto radicular. Las diferencias deben ser no significativas utilizando un $\alpha=0.05$.

X. METODOLOGÍA

En la presente investigación se determinó la exactitud de dos localizadores apicales: I-Root® (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III® (Woodpecker, China) para determinar la longitud total hasta el foramen apical.

Se utilizaron piezas dentales, siendo los criterios de inclusión:

- Dientes humanos monoradiculares con conducto único.
- Ápice radicular cerrado, es decir con apicoformación completa y sin rizólisis radicular externa.
- Raíz sin perforación ni fractura.

Muestra: Se usaron 30 piezas dentales monoradiculares, cada pieza se identificó con un código.

Para tener certeza de que las piezas dentales incluidas poseen un solo conducto se realizaron tomas radiográficas tanto ortoradial como mesioradial.

Las piezas dentales se colocaron en hipoclorito de sodio al 10% durante 10 minutos, se procedió a lavar con agua a chorro y a secar con aire a presión.

La corona se seccionó 2 mm por arriba de la unión cemento esmalte usando un disco de diamante con el fin de permitir una visibilidad del acceso al conducto radicular y establecer una superficie plana para posicionar el tope endodóntico sin variación. Para verificar la permeabilidad del conducto se introdujo la lima K flex #8 y luego la #10 hasta que sobrepasó el foramen apical y se procedió a irrigar el conducto con hipoclorito de sodio al 5%.

Luego se utilizaron puntas de papel para secar el conducto y se introdujo una lima K flex #15 dentro del conducto hasta observar la punta de la misma en el foramen apical utilizando un microscopio estereoscópico marca D.F. Vasconcellos magnitud 5X. Se colocó el tope endodóntico a esta distancia y para fijar el mismo y evitar distorsiones se utilizó resina fluida fotocurada durante 20 segundos (Tetric Flow, Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Luego se procedió a tomar la medida utilizando un calibrador digital vernier (Alkimia) y se ingresó el valor en un hoja electrónica (Excel).

Se realizaron 30 moldes de plástico con un diámetro de 4.5 cm y 2.5 cm de alto donde cada uno contenía alginato Hydrogum 5, de la casa comercial Zhemark, con agua dentro del mismo y antes que se gelifique se colocó el diente hasta la unión cemento esmalte por la parte bucal. Se utilizó alginato

debido a su capacidad electro conductiva y ya gelificado el mismo se procedió a utilizar los localizadores apicales (LA).

Se secó el conducto radicular con puntas de papel y luego se procedió a realizar una medición con el localizador apical I-Root® y otra con el Woodpex III®, realizándose un total de 2 mediciones por diente utilizando la lima k flex #15. La lima introducida en el conducto se detuvo en el momento que cada LEA indicó que la misma se encontraba en el foramen apical, como lo indica el fabricante, y luego se procedió a colocar el tope endodóntico y así, de forma inmediata, se colocó resina fluida fotocurada.

Luego se procedió a tomar la longitud en milímetros utilizando un calibrador digital vernier y se anotaron los resultados en una hoja electrónica (Excel). En total se utilizaron 3 limas K flex #15 por cada conducto. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de t de Student para muestras independientes, para encontrar la diferencia estadísticamente significativa con un 95% de confiabilidad.

XI. RESULTADOS

En la presente investigación se determinó la exactitud de dos localizadores apicales: I-Root® (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III® (Woodpecker, China) para determinar la longitud total hasta el foramen apical. Se realizó un estudio *in vitro* con una muestra de 30 piezas dentales monoradiculares, a las cuales previamente se les tomó radiografías tanto en posición ortoradial como mesioradial (en el ANEXO 1, se muestran las radiografías), para luego determinar la longitud real de las mismas (en el ANEXO 2 se muestran las fotografías del foramen apical de las piezas) y comparar este valor con la longitud determinada por los localizadores apicales Woodpex III® y I-Root® (en el ANEXO 3 se muestran las fotografías del trabajo de campo). Los resultados anotados en una hoja electrónica (Excel), se analizaron estadísticamente por medio de la prueba t de Student con un 95% de confiabilidad y los cuales se muestran a continuación.

Cuadro No. 1

Longitud total hasta el foramen apical real, longitud determinada por el localizador apical Woodpex III[®] de 30 piezas dentales monoradiculares* y sus deferencias

Pieza numero	Longitud real	Longitud determinada por el LA Woodpex III [®]	Diferencia
1	16.68	16.38	0.3
2	17.59	17.53	0.06
3	17.26	17.70	-0.44
4	18.28	18.18	0.1
5	15.47	15.44	0.03
6	15.27	15.20	0.07
7	14.68	14.59	0.09
8	17.98	17.39	0.59
9	19.02	18.73	0.29
10	21.44	21.55	-0.11
11	15.26	15.36	-0.1
12	16.81	16.66	0.15
13	17.19	17.22	-0.03
14	16.11	15.92	0.19
15	16.51	16.44	0.07
16	14.98	14.63	0.35
17	12.38	12.63	-0.25
18	12.43	12.66	-0.23
19	15.97	15.83	0.14
20	14.00	14.46	-0.46
21	20.17	19.83	0.34
22	19.76	19.26	0.5
23	18.66	18.71	-0.05
24	12.58	12.68	-0.1
25	12.18	11.95	0.23
26	16.12	15.04	1.08
27	12.17	12.00	0.17
28	13.37	12.95	0.42
29	15.65	15.92	-0.27
30	10.59	10.24	0.35

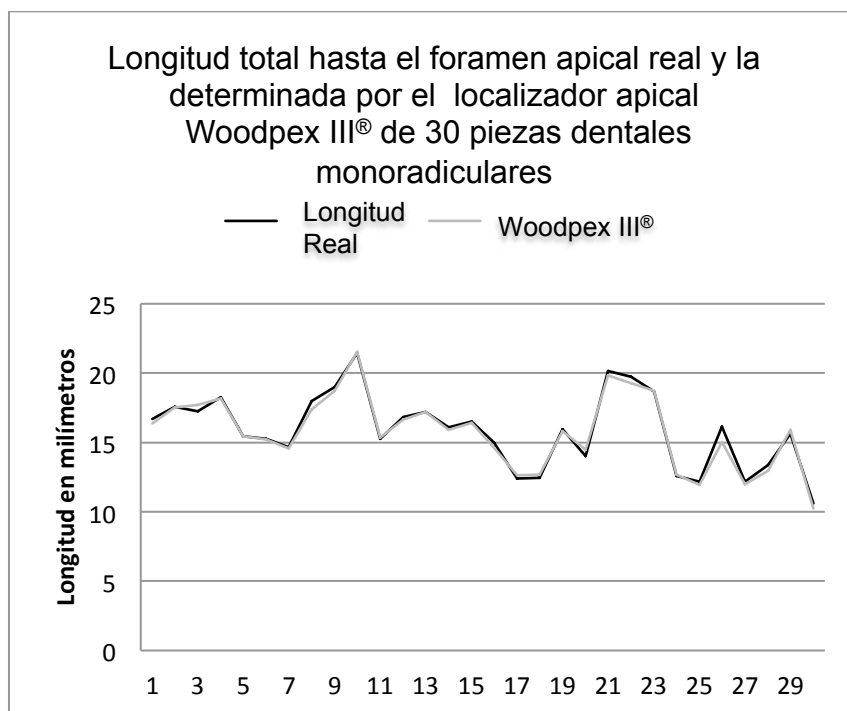
Fuente: Datos recolectados del trabajo de campo.

*: Medidas en milímetros con dos decimales

En este cuadro se observa que las mediciones realizada con el localizador apical Woodpex III[®] en las piezas 5 y 13 presentaron la menor diferencia de 0.03mm entre la longitud total hasta el foramen apical real. Sin embargo en la pieza 13 la lectura fue mayor que la longitud real. Por otro lado, la pieza 26 presentó la mayor diferencia de 1.08mm, siendo esta una medida inferior a la longitud real. Ninguna

medición con el localizador apical Woodpex III® fue igual a la longitud real. El promedio de las diferencias entre la longitud real y la hecha con el localizador apical Woodpex III® fue de 0.25mm.

Gráfica No. 1



Cuadro No. 2

Medias, desviaciones estándar (D.E.) y valor p de la prueba t de Student, de la longitud total hasta el foramen apical real y la determinada por el localizador apical Woodpex III® de 30 piezas dentales monoradiculares*

	Media	D.E.	Valor p
Longitud Real	15.885	2.654	0.86
Longitud determinada por el LA Woodpex III®	15.769	2.629	

Fuente: Datos recolectados del trabajo de campo.

*: Medidas en milímetros

Según los datos, el valor p de la prueba t de Student, indica que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p=0.86$) con 95% de confiabilidad, entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical Woodpex III[®], estableciendo así la exactitud del mismo.

Cuadro No. 3

Longitud total hasta el foramen apical real y la determinada por el localizador apical I-Root[®] de 30 piezas dentales monoradiculares*

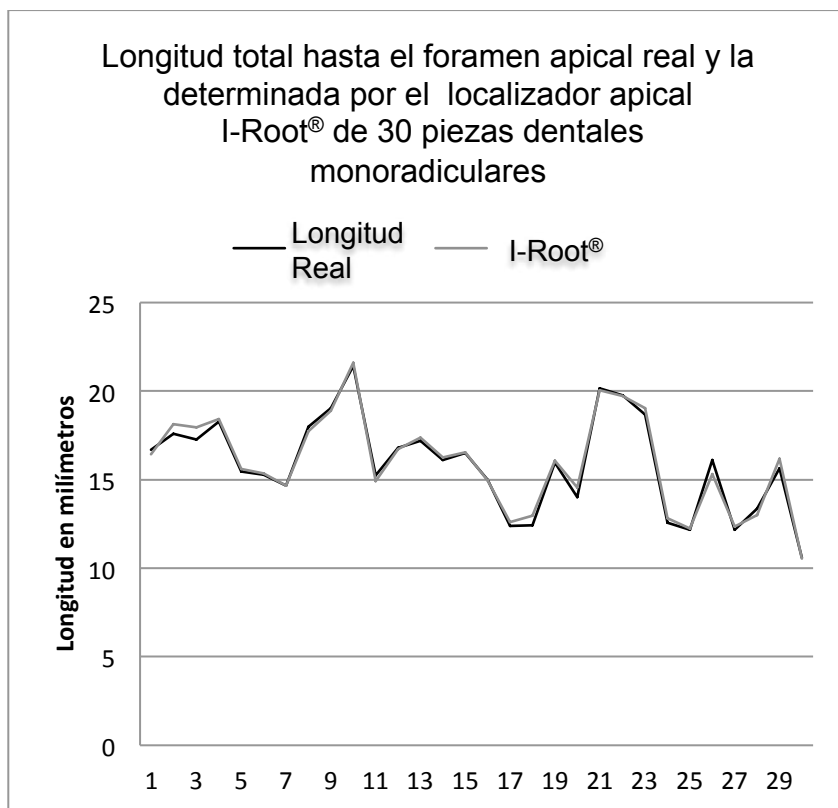
Pieza numero	Longitud real	Longitud determinada por el LA I-Root [®]	Diferencia
1	16.68	16.44	0.24
2	17.59	18.13	-0.54
3	17.26	17.97	-0.71
4	18.28	18.43	-0.15
5	15.47	15.62	-0.15
6	15.27	15.34	-0.07
7	14.68	14.67	0.01
8	17.98	17.74	0.24
9	19.02	18.91	0.11
10	21.44	21.59	-0.15
11	15.26	14.90	0.36
12	16.81	16.71	0.10
13	17.19	17.38	-0.19
14	16.11	16.25	-0.14
15	16.51	16.54	-0.03
16	14.98	14.95	0.03
17	12.38	12.61	-0.23
18	12.43	12.95	-0.52
19	15.97	16.07	-0.10
20	14.00	14.54	-0.54
21	20.17	20.05	0.12
22	19.76	19.71	0.05
23	18.66	19.05	-0.39
24	12.58	12.83	-0.25
25	12.18	12.25	-0.07
26	16.12	15.31	0.81
27	12.17	12.34	-0.17
28	13.37	13.01	0.36
29	15.65	16.18	-0.53
30	10.59	10.53	0.06

Fuente: Datos recolectados del trabajo de campo.

*: Medidas en milímetros

En este cuadro se observa que las mediciones realizadas con el localizador apical I-Root® en las piezas 15 y 16 presentaron la menor diferencia de 0.03mm entre la longitud total hasta el foramen apical real. Sin embargo en la pieza 15 la lectura fue mayor que la longitud real. Por otro lado, la pieza 26 presentó la mayor diferencia de 0.81mm, siendo esta una medida inferior a la longitud real. Ninguna medición con el localizador apical I-Root® fue igual a la longitud real. El promedio de las diferencias entre la longitud real y la hecha con el localizador apical I-Root® fue de 0.25mm.

Gráfica No. 2



Cuadro No. 4

Medias, desviaciones estándar (D.E.), y valor p de la prueba t de Student, de la longitud total hasta el foramen apical real y la determinada por el localizador apical

I-Root® de 30 piezas dentales monoradiculares*

	Media	D.E.	Valor p
Longitud Real	15.885	2.654	0.90
Longitud determinada por el LA I-Root®	15.967	2.652	

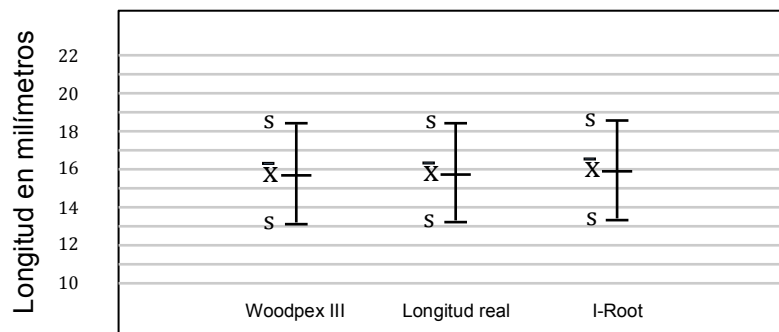
Fuente: Datos recolectados del trabajo de campo.

*: Medidas en milímetros

Según los datos, el valor p de la prueba t de Student, indica que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p=0.90$) con 95% de confiabilidad, entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical I-Root®, estableciendo así la exactitud del mismo.

Gráfica No. 3

Promedios y desviaciones estándar de la longitud total hasta el foramen apical real y la determinada por los localizadores apicales Woodpex III® y I-Root® de 30 piezas dentales monoradiculares



En esta gráfica puede observarse la similitud que existe entre los promedios y $\pm$ una desviación estándar de la longitud total hasta el foramen apical real y la determinada por los localizadores apicales Woodpex III® y I-Root® de 30 piezas dentales monoradiculares. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confiabilidad.

XII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Basado en los resultados obtenidos en el presente estudio, al determinar *in vitro* la exactitud de los localizadores apicales I-Root® (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III® (Woodpecker, China), se confirmó la exactitud de ambos localizadores, al medir y comparar la longitud real con la longitud hasta el foramen apical obtenida por los localizadores apicales. El valor p al aplicar la prueba t de Student fue de 0.90 y 0.86 respectivamente, estos valores aceptan la hipótesis nula que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas.

Al confirmar la exactitud *in vitro* de los dos localizadores electrónicos apicales I-Root® y Woodpex III®, y habiéndose realizado las mediciones con los conductos secos, este hallazgo concuerda con la indicación que hace Saquib y Sureshchandra (2005) que la medición con los localizadores de cuarta generación puede hacerse con los conductos secos⁽²¹⁾. Kaufman, Keila y Yoshpe (2002), mencionan en el estudio *in vitro* sobre la exactitud de un nuevo localizador apical, que las mediciones hechas con el localizador de cuarta generación los valores obtenidos fueron más cortos con los conductos radiculares secos⁽¹⁴⁾.

Los localizadores electrónicos apicales I-Root® y Woodpex III®, presentaron diferencias entre las mediciones de la longitud real y la determinada hasta el foramen apical, que no superaron en promedio los 0.25mm. Esta medida cabe dentro de los límites considerados clínicamente aceptables como lo indica Niranjana, Sathe y Hegde (2003) en el estudio *in vitro* para evaluar la eficacia de cinco localizadores apicales.⁽¹⁷⁾

Tomando en cuenta la exactitud de los localizadores electrónicos apicales I-Root® y Woodpex III®, demostrada en este estudio *in vitro*, es de mencionar que en el estudio *in vitro* realizado por Hamed et al. (2011) donde compara las mediciones del conducto radicular con un localizador electrónico apical de tercera generación y radiografías convencionales y digitales concluyen que la combinación de métodos radiográficos digitales y el localizador apical para determinar la longitud del conducto radicular se logra una mayor precisión⁽¹⁰⁾.

XIII. CONCLUSIONES

1. Al comparar la longitud total hasta el foramen apical real con la longitud determinada por el localizador apical Woodpex III[®] se encontró que no hay diferencia estadísticamente significativa ($p=0.86$) con 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical Woodpex III[®], estableciendo así la exactitud del mismo.
2. Al comparar la longitud total hasta el foramen apical real con la longitud determinada por el localizador apical I-Root[®] se encontró que no hay diferencia estadísticamente significativa ($p=0.90$) con 95% de confiabilidad entre la longitud real y la obtenida por el localizador apical I-Root[®], estableciendo así la exactitud del mismo.

XIV. RECOMENDACIONES

1. Hacer más estudios aumentando el número de muestra.
2. Utilizar diferentes técnicas de medición mediante microscopio electrónico de barrido (SEM) o microtomografía computarizada.
3. Determinar la exactitud de los localizadores I-Root[®] y Woodpex III[®], con diferentes criterios de inclusión a este estudio.
4. Realizar estudios comparativos entre diferentes localizadores electrónicos apicales.

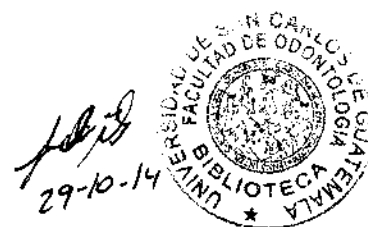
XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Argueta, V. (2002). **Estudio in vivo acerca del grado de precisión del localizador de ápice electrónico Root ZX en piezas monoradiculares.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Odontología. 39 p.
2. Chen, E.; et al. (2011). **An ex vivo comparison of electronic apex locator: teaching models.** JOE. 37(8):1147-1151.
3. Cianconi, L.; Angotti, V.; Felici, R.; et al. (2010). **Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study.** JOE. 36(12):2003-2007
4. Dagenais, M.; et al. (2010.) **Electronic apex locators: an evidence-based study.** (en línea). Consultado el 1 de septiembre del 2013. Disponible en: http://www.dentistry.utoronto.ca/system/files/x2_ebl_report.pdf
5. Dechandt, V.; Spironelli, C. y Prescinotti, R. (2010). **In vitro comparison of two electronic apex locators.** (en línea). Consultado el 3 de septiembre del 2013. Disponible en: http://www.romidan.com/Media/Doc/Scientific_Articles/Romiapex_A-15_vs_Root_ZX.pdf
6. Ebrahim, A.; Wadachi, R. y Suda, H. (2007). **In vitro evaluation of the accuracy of five different electronic apex locators for determining the working length of endodontically retreated teeth.** Aust Endod J. 2007(33): 7-12.
7. Elayouti, A.; et al. (2009). **Consistency of apex locator function: a clinical study.** JOE. 35(2):179-181.
8. Eleazer, P.; et al. (2012). **Glossary of endodontic terms.** (en línea). Consultado el 1 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary/index.php#/0>
9. Gordon, M. y Chandler, N. (2004). **Electronic apex locators.** International Endodontic Journal. 2004(37):425-437.
10. Hamed, M.; et al. (2011). **An in vitro comparison of root canal measurement in permanent teeth by electronic apex locator, conventional and digital radiography.** World Journal of Dentistry. 2(4): 312-315.

[Handwritten signature]
29-10-14



11. Hargreaves, K. y Cohen, S.(2011). **Vías de la pulpa: instrumentos, materiales y dispositivos.** 10 ed. Barcelona: Elsevier. pp.241-243.
12. Hoer, D. y Attin, T. (2004). **The accuracy of electronic working length determination.** International Endodontic Journal. 2004(37):125-131.
13. Karunnakar, P. (2011). **Aiming for the apex...! Evaluation of the accuracy of two electronic apex locators-an in-vitro study.** Endodontology. 23(1): 12-17
14. Kaufman, A.; Keila, S. y Yoshpe, M. (2002) **Accuracy of a new apex locator: an in vitro study.** International Endodontic Journal. 35:186-192.
15. McDonald, N. y Hovland, E. (1990). **An evaluation of the apex locator endocarter.** J Endodontic.1990;16:5-8
16. Miletic, K.; Ivanovic, V. y Beljic-Ivanovic, K. (2011). **Clinical reproducibility of three electronic apex locators.** International Endodontic Journal. 44:769-776.
17. Niranjana, A; Sathe, S. y Hegde, V. (2003) **In vitro evaluation of the efficacy of five apex locators.** Endodontology 20(2):36-42.
18. Plotino, G.; et al. (2006). **Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, elements diagnostic unit and apex locator and propex.** International Endodontic Journal. 39: 408-414.
19. Ricucci D. y Langeland, K. (1998). **Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part II: a histological study.** International Endodontic Journal 1998 (31):394-409.
20. Ricucci, D.(1998). **Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review.** International Endodontic Journal. 1998 (31): 384-393.
21. Saquib, I. y Sureshchandra, B. (2005). **Electronic apex locators- a millenium perspective.** Endodontology. 17(2): 37-41.



XV. ANEXOS

ANEXO 1

Radiografía digital de las 30 piezas monoradiculares incluidas en la muestra.		
No. Pieza Dental	Radiografía ortoradial	Radiografía mesioradial
1		
2		
3		
4		

5		
6		
7		
8		
9		

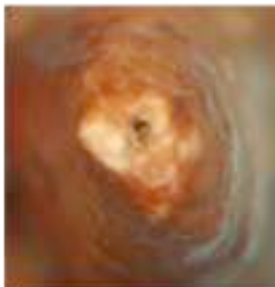
10		
11		
12		
13		
14		

15		
16		
17		
18		
19		
20		

21		
22		
23		
24		
25		
26		

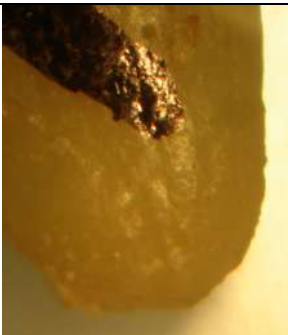
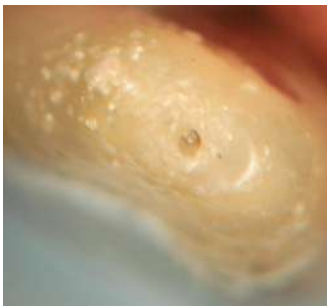
27		
28		
29		
30		

ANEXO 2

Fotografías del foramen apical al momento de realizar la medición de la longitud real del conducto radicular hasta el foramen apical utilizando el microscopio estereoscópico marca D.F. Vasconcellos magnitud 5X		
No. Pieza dental	Fotografía del foramen apical en una vista lateral.	Fotografía del foramen apical en una vista en el plano horizontal
1		
2		
3		
4		

5		
6		
7		
8		

9		
10		
11		
12		
13		

14		
15		
16		
17		

18		
19		
20		
21		

22		
23		
24		
25		

26		
27		
28		
29		

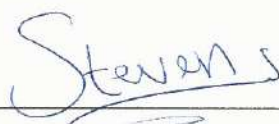
30		
----	---	--

ANEXO 3

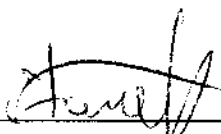
Fotografías que muestran a los localizadores apicales I-Root[®] (S-Denti, Korea del Sur) y Woodpex III[®] (Woodpecker, China)

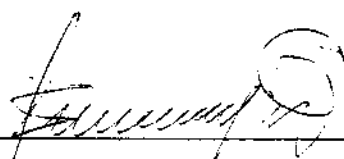


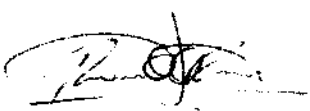
El contenido de esta tesis es única y exclusiva responsabilidad del autor; asimismo manifiesto no tener interés económico ni comercial con las marcas de equipo y materiales utilizados en el presente estudio.

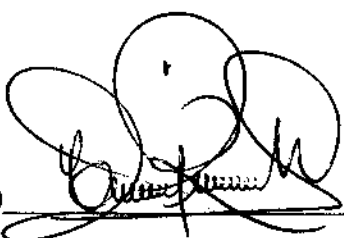
(f) 
Franklin Steven Matzdorf Gomez

FIRMAS DE TESIS DE GRADO

(f) 
Franklin Steven Matzdorf Gomez
SUSTENTANTE

(f) 
Dr. Kenneth Roderico Pineda, MSc.
Cirujano Dentista
Asesor de Tesis

(f) 
Dr. Ronald Mariano Ponce de León, MSc.
Cirujano Dentista
Asesor de Tesis

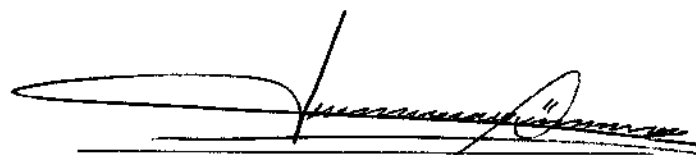
(f) 
Dra. Claudeth Recinos, MSc.
Cirujano Dentista
PRIMERA REVISORA
Comisión de Tesis



(f) 
Dr. Víctor Ernesto Villagrán, MSc.
Cirujano Dentista
SEGUNDO REVISOR
Comisión de Tesis

IMPRÍMASE:

Vo.Bo.


Dr. Julio Rolando Pineda Córdón
Cirujano Dentista
Secretario Académico



Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos de Guatemala