

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Evaluación Microscópica del grado de exactitud en la determinación de  
la Longitud de Trabajo, a nivel del Límite Cemento Dentina Conducto  
entre el Root ZX II y el Método Radiográfico Convencional**

**María Paulina Andino Casares**

Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título de Odontólogo

Quito, Mayo 11 del 2007

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Ciencias de la Salud**

**HOJA DE APROVACIÓN DE TESIS**

**Evaluación Microscópica del grado de exactitud en la determinación de  
la Longitud de Trabajo, a nivel del Límite Cemento Dentina Conducto  
entre el Root ZX II y el Método Radiográfico Convencional**

**María Paulina Andino Casares**

María Fernanda Mora Coloma, Dra.

Especialista en Endodoncia\*

-----

Directora de Tesis

Ana Corina Cisneros Dra.

Especialista en Endodoncia

-----

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Sandoval Dr.

Cirujano Oral y Maxilo Facial

-----

Director de la Facultad de Odontología

Fernando Noboa, Dr.

Especialista en Neumología

-----

Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud

Quito, Mayo 11 del 2007

© Derechos de autor  
María Paulina Andino Casares  
2007

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer especialmente a la Dra. Maria Fernanda Mora por su enseñanza tan paciente, dedicada y sin reservas, no sólo en la elaboración de mi tesis sino a lo largo de mi carrera. Es gracias a ella, que he escogido esta rama de la odontología como mi futura especialidad. A la Dra. Ana Corina Cisneros por su ayuda, atención y apoyo para que éste trabajo se realice con excelencia y precisión. A la Dra. Paulina Aliga por ser una amiga, confidente, brindarme apoyo incondicional y Directora a lo largo de todos mis años de estudio. Al Dr. Fernando Sandoval por compartir sus conocimientos, experiencia y por reafirmar en mí, el servicio a la comunidad. A todas aquellas personas que forman parte de ésta facultad y que pasaron a ser parte de mí día a día. A los profesores Blastimir Zak y Andrea Encalada, miembros de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad San Francisco de Quito, por su amabilidad, ayuda, disposición y facilitarme los microscopios utilizados en mi investigación. Al Doctor Marco Fornacini por su ayuda en el análisis estadístico de mi tesis. A todos mis profesores, que contribuyeron durante todos estos años para mi capacitación y formación como odontóloga, brindándome sus conocimientos y exigiéndome para ser cada día mejor. A mis compañeras Verónica Reyes y Paulina Luzuriaga, con las que no solamente compartí en estos cinco años mis estudios, sino también una amistad. A mis más queridas amigas y futuras colegas Sofía Mantilla, Ana Beatriz Álvarez y Sonia Rosenfeld, por estar a mi lado en todo momento, por escucharme y compartir no sólo lo profesional, sino todo lo que forma parte de mi vida. A mi mamá y hermana, a las que mi corazón más ama, gracias por estar cada segundo de mi vida junto a mí, apoyándome en todo aspecto.

## Resumen

**Objetivo:** El objetivo del presente estudio fue determinar la exactitud en la medición de la longitud de trabajo a nivel del CDC, utilizando el Root ZX II y la radiografía convencional, evaluándolo microscópicamente.

**Metodología:** Se utilizaron 76 raíces de dientes uniradiculares humanos extraídos los mismos que se dividieron coronalmente a nivel de la unión amelocementaria. Se evaluó individualmente cada raíz tres métodos diferentes. Primero, con una radiografía inicial se realizó una conductometría aparente a 0,5 mm del ápice. Se confirmó la distancia deseada y se realizaron las correcciones necesarias aplicando el método de Ingle, modificado para esta investigación. Segundo, se realizó la medición de la longitud de trabajo electrónica con el localizador apical Root ZX II (J. Morita) a 0,5 mm del ápice, y se registraron las medidas. Finalmente, se dividieron longitudinalmente todos los dientes y se visualizaron todos los conductos radiculares, en el estereo microscopio (Leica). Se visualizó el CDC y se comparó este valor con los valores obtenidos con los dos métodos.

**Resultados:** El Root ZX II y la radiografía convencional demostraron una exactitud en la determinación del CDC del 85.3% y del 84.2% respectivamente. Diferencias que no fueron estadísticamente significativas.

**Conclusiones:** Se pueden utilizar ambas técnicas para determinar la longitud de trabajo a nivel del CDC ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

## Abstract

**Objective:** The purpose of this study was to evaluate microscopically the accuracy of both Root ZX II and conventional x-rays in the measurement of working length at the CDC limit.

**Methodology** The crowns of seventy six single rooted human extracted teeth were divided coronally at the CDJ. Each root was evaluated using three different methods. First, with a conventional x-ray an estimated working length was determined at 0.5 mm from the apex using Ingle's Technique which was modified for this study. Second, an electronic apex locator (Root ZX II) was used to estimate working length at 0.5 mm short from the apex. Finally, all the roots were divided longitudinally in halves and the CEJ limit was visualized in an estereo microscope. The data obtained with both x- rays and Root ZX II were compared with the CDJ observed microscopically.

**Results** Both Root ZX II and conventional x rays showed an accuracy in the determination of the CDC limit of 85,3 % and 84,2% respectively, showing no statistical differences between the two techniques.

**Conclusions** Both techniques can be used to determine working length at the CDC limit, because there was no statistical difference between them.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN:</b>	
Objetivo General:	
Objetivos Específicos:	
Hipótesis Verdadera:	2
Hipótesis Nula:	2
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Formación y Desarrollo Apical</b>	<b>3</b>
2.1.1 Conformación Radicular apical en Incisivos Superiores, Inferiores y Caninos	4
<b>2.2 Puntos Anatómicos de la Porción Apical</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Longitud de trabajo</b>	<b>8</b>
2.3.1 Historia de la Longitud de Trabajo	10
2.3.2 Métodos Utilizados en la Determinación de la Longitud de Trabajo	14
<b>2.4 Causas de Desviación Foraminal</b>	<b>20</b>
2.4.1 Fisiológicas	20
2.4.2 Patológicas	25
<b>2.5 Localizadores Apicales Electrónicos</b>	<b>30</b>
2.5.1 Definición	30
2.5.2 Historia de los localizadores apicales	31
2.5.3 ROOT ZX II	33
2.5.4 Funcionamiento	35
2.5.5 Procedimiento	37
2.5.6 Factores que interfieren en la determinación de la longitud de trabajo	38
Justificación	39
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>40</b>
<b>3.1 Medición Radiográfica de la Longitud de Trabajo</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Medición Electrónica de la Longitud de Trabajo</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Medición Microscópica de la Longitud de Trabajo</b>	<b>49</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Análisis Estadístico</b>	<b>52</b>
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>59</b>
<b>6. CONCLUSIÓN</b>	<b>63</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>64</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>65</b>
ANEXOS	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: “Morfología Externa del Ápice” (Braun, s.f.).....	4
Figura 2: “Forma del Conducto Radicular en el Área Apical de la Raíz” (Braun, s.f.) .....	5
Figura 3: “Anatomía del Ápice Radicular” (Gordon, 2004 Pg: 426) .....	7
Figura 4: Morfología Apical (Ingle, 1994. Pg: 519).....	8
Figura 5: Longitud de Trabajo (Ingle, 1994. Pg: 519).....	9
Figura 6: Punto de Referencia (Ingle, 1994. Pg: 522).....	10
Figura 7: Radiografía Preoperatoria (Ingle, 1994. Pg: 523).....	14
Figura 8: Longitud de Trabajo Tentativa (Ingle, 1994. Pg: 523) .....	15
Figura 9: Corrección de la Longitud de Trabajo (Ingle, 1994. Pg: 523) .....	15
Figura 10: Medición de la Lima. (Ingle, 1994. Pg: 523).....	16
Figura 11: Medición de la Radiografía (Walton , 1996. Pg: 210).....	17
Figura 12: “Posición del Foramen Apical” (Gordon, 2004 Pg: 426) .....	21
Figura 13: Grado de Curvatura (Schneider, 1971. pg: 272).....	23
Figura 14: Reabsorción Radicular A (Ingle, 1994. pg: 202) .....	28
Figura 15: Reabsorción Radicular B (Ingle, 1994. pg: 202) .....	29
Figura 16: Reabsorción Radicular C (Ingle, 1994. pg: 202) .....	29
Figura 17: Conexión de un Localizador Apical (Beer, 1995 Pg. 116).....	36
Figura 18: Almacenamiento (PAC, 2007).....	40
Figura 19: Corte de Coronas Dentarias (PAC, 2007).....	41
Figura 20: Numeración de las Raíces Dentarias (PAC, 2007) .....	42
Figura 21: Fijación de las Raíces Dentarias en la Placa Radiográfica (PAC, 2007).....	42
Figura 22: Radiografía Inicial (PAC, 2007) .....	43
Figura 23: Medición de la Conductometría Aparente (PAC, 2007).....	44
Figura 24: Primera Corrección de la Longitud de Trabajo (PAC, 2007) .....	45
Figura 25: Adaptación de las Piezas Dentarias en la Caja Plástica (PAC, 2007).....	46
Figura 26: Medición Electrónica (PAC, 2007).....	48
Figura 27: Acrilización en Cubetas de Hielo (PAC, 2007).....	49
Figura 28: Modelo Individual de una Pieza Dentaria ya Acrilizada (PAC, 2007).....	50
Figura 29: Medición de la Distancia entre el CDC y la Punta de la Lima (PAC, 2007)....	51



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Límite Recomendado de instrumentación y obturación <sup>1</sup> .....	13
Tabla 2: Curvaturas en dientes anteriores superiores .....	24
Tabla 3: Curvaturas en dientes anteriores inferiores <sup>31</sup> .....	24
Tabla 4: Estudios de precisión de localizadores apicales de segunda generación <sup>6</sup> .....	32
Tabla 5: Las propiedades del Root ZX <sup>6</sup> .....	34
Tabla 6: Estadísticas Descriptivas del CDC & RX .....	52
Tabla 7: Estadísticas Descriptivas del CDC y ROOT ZX II .....	53
Tabla 8: Correlaciones de la RX y CDC .....	53
Tabla 9: Correlaciones del ROOT ZX II y CDC .....	54
Tabla 10: Estadísticas Descriptivas de las Diferencias entre el ROOT ZX II y la Radiografía .....	55
Tabla 11: Observaciones Inusuales en el Método Radiográfico .....	56
Tabla 12: Observaciones Inusuales en el Método Electrónico .....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 1: Regresión del RX respecto al CDC .....	54
Grafico 2: Regresión del ROOT ZX II respecto al CDC .....	55
Gráfico 3: Histograma de Residuales del Método Radiográfico .....	57
Gráfico 4: Histograma de Residuales en el Método Electrónico .....	58

## **1. INTRODUCCIÓN:**

La Endodoncia es una ciencia y arte en donde se necesita de mucha precisión para alcanzar el éxito. El factor más importante que se debe de determinar es la longitud de trabajo, ya que ésta influirá drásticamente en el pronóstico del tratamiento. Actualmente para realizar una Endodoncia es indispensable la toma de radiografías ya que éstas nos permiten identificar estructuras básicas además de obtener la longitud de trabajo y controlar las etapas del tratamiento. Gracias al avance de la tecnología se han desarrollado muchos implementos electrónicos que han ayudado en la terapia endodóncica, uno de estos es el localizador apical que nos da la longitud de trabajo por medio de la impedancia y la resistencia. Todo implemento y técnica es válida de utilizar con el propósito de facilitar, optimizar y mejorar cada día más los tratamientos de conducto.

### **Objetivo General:**

Evaluar microscópicamente la exactitud en la medición obtenida de la longitud de trabajo en conductos radiculares utilizando el método electrónico y radiográfico convencional.

### **Objetivos Específicos:**

Evaluar la exactitud del método radiográfico en la determinación de la longitud de trabajo a nivel del límite cemento dentina conducto.

Evaluar la exactitud del localizador apical en la determinación de la longitud de trabajo a nivel del límite cemento dentina conducto.

Evaluar la exactitud de la longitud obtenida a nivel del límite cemento dentina conducto con microscopio.

### **Hipótesis Verdadera:**

Al medir la longitud de trabajo de un conducto radicular, el localizador apical electrónico es más efectivo que la radiografía convencional.

### **Hipótesis Nula:**

Al medir la longitud de trabajo de un conducto radicular, el localizador apical electrónico es menos efectivo que la radiografía convencional.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 Formación y Desarrollo Apical**

La formación y desarrollo apical se inicia en el momento en que la pieza dentaria ha erupcionado y entrado en oclusión. La vaina epitelial de Hertwig ésta encargada de la formación radicular, y el folículo dentario, en su capa interna, de la formación de cemento radicular y la capa externa, del periodonto. Cuando la pieza dentaria erupciona, el extremo radicular posee solamente dentina calcificada y la pulpa se encuentra separada del periodonto por medio de las puntas de la vaina de Hertwig.<sup>1</sup> El desarrollo de los tejidos restantes inicia cuando el diente es influenciado por la acción de su antagonista, y es ahí cuando el ápice radicular se llega a conformar.<sup>1</sup> En un inicio el ápice radicular es muy amplio y prolongado, su lumen se va disminuyendo a medida que se deposita dentina y cemento hasta formarse el conducto terminal, por el cual solamente atraviesa el paquete vásculo-nervioso. Este paquete, permite que exista continuidad entre el ápice radicular de la pieza dentaria y el periodonto. Es por esto, que el foramen apical se conserva. Las piezas dentarias que sufren de oclusión traumática por lo general nunca llegan a cerrar por completo la porción apical.

La porción apical puede tener ramificaciones, deltas, forámenes y foraminas las que se forman por aposiciones cálcicas que encierran al paquete vasculo nervioso. De la misma manera, puede haber obliteración de forámenes por aposición de cemento, dentina o hueso, las cuales pueden reducir el foramen apical hasta llegar a su constricción máxima.<sup>1</sup> Cada conducto por ser único puede tener muchas variantes como por ejemplo, conductos donde la capa de cemento solamente rodea a la pieza dentaria y no ingresa al conducto dentinario. Ó lo contrario, ápices con cierre parcial periférico del foramen en los que el conducto

principal posee cemento. Todas las variantes a nivel apical se dan por reacción a patologías asociadas y reacciones biológicas.

### **2.1.1 Conformación Radicular apical en Incisivos Superiores, Inferiores y Caninos**

La conformación radicular apical puede presentar muchas variaciones. Por lo general la salida del foramen principal sigue la dirección del eje mayor del diente, el cual puede ser recto, curvo, hacia mesial, distal, palatino o lingual, labial o bucal. Los forámenes accesorios se encuentran lateralmente dispuestos según las ramificaciones del paquete vásculo-nervioso. Los incisivos centrales superiores e inferiores, incisivo lateral inferior y caninos inferiores por lo general poseen raíces terminadas en un ápice recto.<sup>1</sup> Por lo contrario, el incisivo lateral superior presenta una mayor incidencia de ápices curvados hacia distal. En el estudio de Brau<sup>2</sup>, se clasificaron a los ápices radiculares en cinco grupos: redondo, oval, plano, biselado y puntiagudo, ilustrados en la figura a continuación. En este estudio se utilizaron dientes anteriores superiores e inferiores, y premolares monoradiculares y se encontró una incidencia de ápices radiculares en forma redonda de 30,4%; oval 3,0 %; plano 17,7 %; en bisel 2,6 % y en punta 34,5 %.<sup>2</sup>

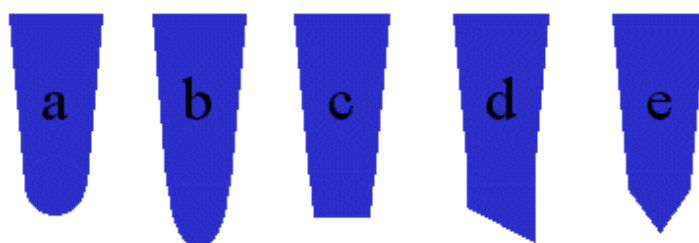


Figura 1: “Morfología Externa del Ápice” (Brau, s.f.)

La disposición de conductos en la porción apical puede presentar muchas variables, pero por lo general el ápice radicular termina en un conducto principal, el cual puede estar o no acompañado de conductos accesorios, deltas, conductos secundarios o distribuirse irregularmente.<sup>1</sup> Como ya se mencionó anteriormente, estas variantes se originan en la formación del ápice radicular y pueden modificarse con el pasar de los años por causas externas.

Las paredes de los conductos en la porción apical pueden ser de tres formas. Las paredes divergentes son el resultado de una formación incompleta del extremo radicular, posiblemente causada por fibrilación del tejido vásculo-nervioso y a la tensión transversa ejercida sobre el ápice radicular, impidiendo la constricción apical.<sup>1</sup> En dientes jóvenes, las paredes divergentes pueden presentarse por falta de cementificación en la región apical.

<sup>1</sup> Otra variante son las paredes convergentes, que por lo general presentan un conducto constricto hacia la punta de la raíz. Por último, las paredes paralelas se originan por el retardo en la cementificación y dentinificación de los ápices creando un conducto de diámetro uniforme. La figura 2 a, nos ilustra la forma de un ápice divergente el cual se presenta en un 31,8 % de los casos; la figura 2 b, ilustra un ápice convergente con una incidencia de 37,7 %; y la figura 2 c, ilustra conductos con paredes paralelas presentes en un 30,5 % de los casos según el estudio de Brau.<sup>2</sup>

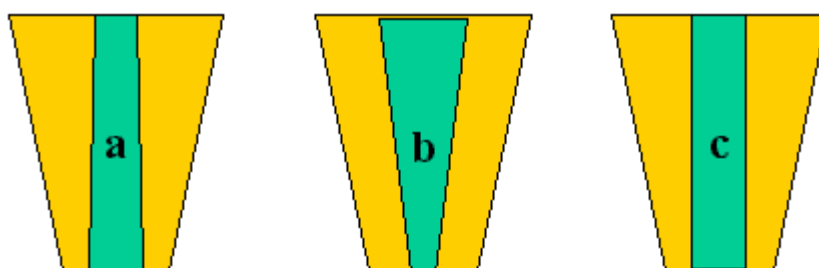


Figura 2: “Forma del Conducto Radicular en el Área Apical de la Raíz” (Brau, s.f.)

El número y ubicación de los forámenes y foraminas no siempre coincide con el vértice de la raíz. En piezas uniradiculares anteriores e inferiores, al tener, por lo general raíces rectas el conducto principal coincide, pero la apertura de las foraminas puede localizarse en cualquier parte de la porción radicular.<sup>1</sup>

## **2.2 Puntos Anatómicos de la Porción Apical**

Es muy importante el conocimiento anatómico de cada pieza para evitar iatrogenias al momento de realizar un tratamiento. Cada pieza dentaria ésta compuesta por distintos tipos de tejidos los cuales poseen características similares entre si. La morfología apical es muy compleja ya que cada diente puede poseer un sistema de canales radiculares anastomosados, que en la mayoría de los casos, no se los puede observar a simple vista o mediante una radiografía. Se han definido las partes principales de los conductos radiculares ya que son puntos que todas las piezas tienen en común, pero cada conducto radicular es único. Debido a que mi tema de estudio es la longitud de trabajo, me referiré principalmente a la zona apical en donde se encuentran todas las estructuras involucradas en la medición de dicho límite. Anatómicamente, el foramen apical tiene una forma piramidal y se encuentra en la porción más apical de la pieza dentaria. Generalmente el foramen apical se encuentra lateralmente y se compone de distintas estructuras.

La terminación morfológica de la pieza dentaria se la conoce como vértice anatómico. El vértice radiográfico es la punta de la raíz que se ve en la radiografía. La medida determinada mediante radiografía no es exacta, posee un porcentaje de error, lo cual nos da una medida aproximada. El diámetro más estrecho del conducto radicular es la constricción apical, la cual generalmente se encuentra a 0,5 mm o 1 mm del agujero apical. La importancia de determinar la constricción apical, es que al ser la parte más estrecha del

conducto tiene menor aporte sanguíneo, realizando una herida mucho más pequeña permitiendo una mejor recuperación en condiciones óptimas<sup>3</sup> y por lo tanto un exitoso tratamiento de conducto.

La constricción apical, diámetro menor o foramen menor se ubica dentro de la dentina y sufre un ligero ensanchamiento en dirección apical en forma de embudo. La parte más ancha que se forma, se la conoce como diámetro mayor o foramen mayor, se dirige hacia el ligamento periodontal y se encuentra ubicado dentro del cemento. Por último, la unión cemento dentina, es la unión que se da entre el cemento y la dentina del diente, la cual no siempre coincide con la constricción apical ya que ésta puede encontrarse entre 0,5 o hasta a 3mm del ápice. Esta medida varía según la edad de la pieza dentaria. Kuttler (1955) en su estudio, demostró que la unión cemento dentina se encuentra a 0,507 mm en pacientes de 18 a 25 años de edad, y a 0,784 mm en pacientes mayores de 55 años. En conclusión, la medida existente entre el foramen apical y la constricción apical varía de persona a persona, dependiendo de la patología y cambia con la edad debido al depósito de tejido duro.

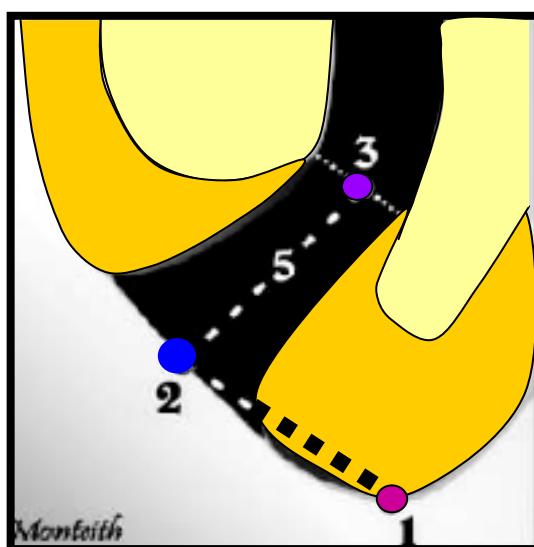


Figura 3: “Anatomía del Ápice Radicular” (Gordon, 2004 Pg: 426)



1. Ápice del diente.
2. Foramen mayor.
3. Foramen menor (límite CDC).
4. Distancia entre el ápice del diente y el foramen mayor.
5. Constricción apical.

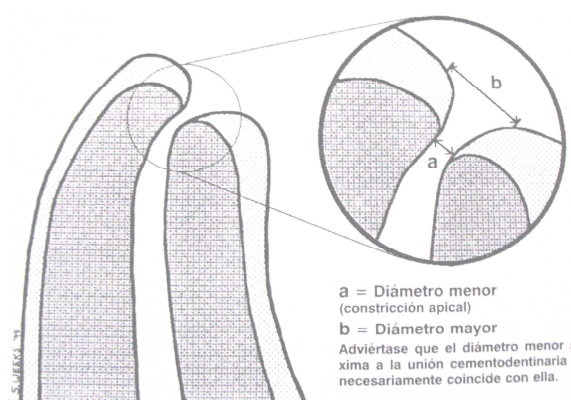


Figura 4: Morfología Apical (Ingle, 1994. Pg: 519)

### 2.3 Longitud de trabajo

La determinación de la longitud de trabajo es el factor más importante para tener éxito en un tratamiento de conducto a corto y a largo plazo. Cortez dice que “una longitud corta crea escalones e instrumentación incompleta, y una longitud sobrepasada lleva a perforación apical y agudizaciones”<sup>4</sup>. La longitud de trabajo nos indica la profundidad a la que se debe preparar e introducir los instrumentos en el conducto, para que éstos lleguen a eliminar todo tejido vital / necrótico que se encuentre adentro del conducto. También nos proporciona un límite de obturación y nos garantiza que después del tratamiento no exista

ninguna molestia por parte del paciente. Ingle define a la longitud de trabajo como “la distancia desde el punto de referencia coronal hasta el punto en el que terminará la preparación y obturación del conducto”<sup>5</sup>. Se ha acotado que la longitud de trabajo para la instrumentación y la obturación debe ser a nivel de la constricción apical.<sup>6</sup> La razón biológica de llegar a este límite, se debe a que al ser el punto más estrecho del conducto, hay menos irrigación sanguínea y por lo tanto un menor flujo sanguíneo. “Mas allá de la constricción, el canal se amplía y desarrolla un amplio flujo vascular. Por tanto, desde una perspectiva biológica, la constricción es el punto más importante para finalizar la preparación del canal, ya que la existencia del riego sanguíneo funcional controla el proceso inflamatorio.”<sup>7</sup> Otra razón fundamental de llegar a este límite, y conservarlo, se debe a que éste actúa como barrera natural entre el conducto y los tejidos periapicales<sup>8</sup>. Esta barrera impediría el paso de bacterias y sus productos, presentes en el conducto, hacia los tejidos periapicales. Es por esto, que es de suma importancia su determinación exacta y un conocimiento claro de las estructuras involucradas en el mismo.

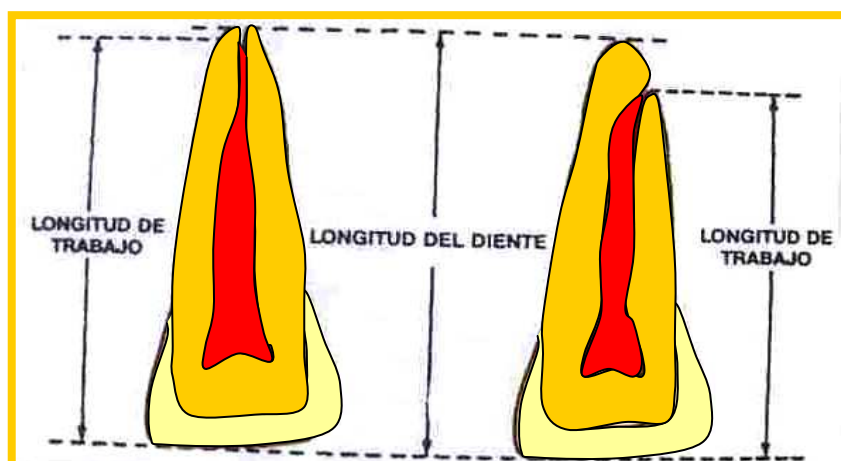


Figura 5: Longitud de Trabajo (Ingle, 1994. Pg: 519)

Para poder determinar la longitud de trabajo se debe de tener un punto coronal de referencia estable. Este punto de referencia permite que las mediciones sean siempre

iguales, asegurando de esta forma, una instrumentación siempre localizada y una preparación constante sin variaciones. Para lograr esto se debe de:

- Tener una buena visualización del conducto.
- Un punto coronal de referencia estable.
- Fácil acceso al conducto.
- Eliminar todas las paredes débiles, es decir que se puedan romper entre cita y cita.
- Eliminar las paredes fracturadas en diagonal.
- Buscar una estructura con buen soporte dentario.

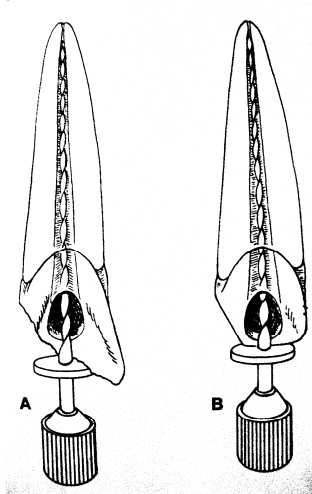


Figura 6: Punto de Referencia (Ingle, 1994. Pg: 522)

### 2.3.1 Historia de la Longitud de Trabajo

La longitud de trabajo es el aspecto más importante y difícil de localizar en el conducto radicular. Solamente se podría determinar con exactitud si se pudiera extraer la pieza, dividirla longitudinalmente, medir su longitud, determinar el límite cemento dentina conducto utilizando un microscopio y reimplantarlo nuevamente.

Para realizar un tratamiento de conducto es indispensable tener una longitud de trabajo exacta, por lo tanto, muchos autores a través de los años han tratado de determinar cuál sería una longitud promedio. Se ha llegado a resolver esta incógnita gracias al estudio minucioso de la anatomía y fisiología dentaria. Grove en 1930<sup>9</sup> dice que la unión cemento dentina conducto es el lugar apropiado para instrumentar y obturar un conducto.<sup>10</sup> En el año de 1982, Weine<sup>11</sup> demostró que la unión cemento dentina conducto se encuentra a 1 mm del ápice y que la preparación de dicho conducto sería aceptable a 1mm corto del ápice radiográfico. Esto concuerda con Kuttler<sup>2</sup>, quien identificó el diámetro menor, la constricción apical, y descubrió que en esta zona es en donde se encuentra la mayor cantidad de tejido calcificado. En 1985, Nguyen<sup>12</sup> indica que el límite de preparación debe ser en el límite CDC y que éste, no necesariamente coincide con la constricción apical de la pieza. En años anteriores Ingle (1973), señaló que la parte más angosta del foramen apical se encuentra localizada en el límite CDC que usualmente se encuentra a 0.5mm de la parte externa de la raíz y que por lo tanto se debería instrumentar y obturar a esta longitud. Clínicamente, es muy relevante llegar solamente a este punto, ya que los líquidos no traspasarían al periápice y en el momento de la obturación no ocasionaría una sobreobturación o extrusión de materiales, bacterias, irritantes y productos de desecho, fuera del conducto hacia los tejidos periapicales. Taylor<sup>13</sup> en 1988, reafirmó la existencia de una parte más angosta a nivel apical, conocido como “diámetro menor” y creía que éste correspondía histológicamente al límite CDC. En términos radiográficos, Weine afirma que, en el caso de que se observe una sombra radiolúcida a nivel apical, se debe de adicionar 0,5 mm del ápice radiográfico. Por lo tanto, Weine cree que se debería de instrumentar y obturar al mismo nivel de la construcción apical y del límite CDC.

En el año de 1988, Frank<sup>14</sup> y sus colaboradores sugieren que el límite apical debería de encontrarse entre 0,5mm y 1mm del ápice. Recalcan que el tope apical da un límite de

instrumentación y actúa como una barrera manteniendo los materiales de obturación adentro del conducto radicular durante la condensación. Por lo contrario, autores como Schilder<sup>15 16</sup> (1967, 1976) recomiendan instrumentar más allá del ápice radiográfico, ya que el principal objetivo es instrumentar todo el conducto incluyendo canales laterales, accesorios y ramificaciones. Menciona que conjuntamente con la instrumentación, se debe utilizar hipoclorito de sodio en concentraciones que varíen entre el 3 y 5 %, con el propósito de eliminar todo el barrillo dentinario y el tejido necrótico, lo cual también ayuda a obtener una buena obturación de todo el conducto principal, sus canales accesorios y ramificaciones. Por lo contrario, en el año de 1983 Pecchioni<sup>17</sup> indica que durante la instrumentación no se debe de sobrepasar el margen de seguridad de 0,5 a 1mm del ápice radiográfico ya que la instrumentación más allá de este límite afecta a los tejidos perirradiculares. Comenta además, que si en el momento de la obturación se llegara a extruir cemento hacia los tejidos perirradiculares, no sería tan grave ya que los sellantes son reabsorbibles y no irritantes.

En los años 80, los investigadores afirman que la longitud de trabajo depende del tipo de patología que presente la pieza dentaria. Guldener<sup>18</sup> (1985), sugiere que en casos de necrosis pulpar se reste de 0,5 a 1 mm de la longitud de trabajo y que en casos de vitalidad pulpar se reduzca solamente 0,5 mm.

Langeland<sup>19 20 21 22</sup>(1957, 1967, 1987, 1995) definió que la instrumentación y la obturación tienen que ser a nivel de la constricción apical. El se basa en su estudio, ya que histológicamente demostró que la pulpa en la porción apical de la raíz, en los canales laterales y en las ramificaciones, permanece vital y no inflamada<sup>23</sup>. En 1996, señala que la eliminación del tejido vital presente en los conductos accesorios interfiere en el proceso de reparación y que medicamentos y/o materiales producirán inflamación, destrucción de tejidos y una reacción a cuerpo extraño. En casos de necrosis, donde existe una gran

cantidad de bacterias, especialmente si presentan lesiones periapicales, él recomienda que la instrumentación y la obturación debe ser a nivel de la constricción apical y no a menor longitud, como otros autores lo recomiendan.

Para Langeland el aspecto clínico más frustrante, es la variación que existe en la determinación de la longitud de trabajo radiográfica y la real constricción apical, además de las variaciones que pueden existir de una raíz a otra. Langeland <sup>18</sup>, histológicamente demostró que el CDC no coincide con la constricción apical y por lo tanto no concuerda con la idea de instrumentar y obturar a ninguna distancia del ápice radiográfico ya que no es exacto. El recomienda estudiar cuidadosamente las radiografías, buscar todas las variaciones de la raíz y anatomía del conducto, desarrollar un sentido del tacto para sentir la constricción apical y por último observar signos, como la presencia de sangre u otros fluidos en la lima o en puntas de papel.

Tabla 1: Límite Recomendado de instrumentación y obturación <sup>1</sup>

Authors	Ideal limit	Practical limit	Modifications in 'necrotic cases'	Materials beyond the foramen	Lateral canals and apical ramifications
Weine (1982)	CDJ (apical constriction)	1 mm from the apex	Additional 0.5 mm shorter (1.5 mm total from the apex)	—	Rarely cause failure
Nguyen (1985)	CDJ	—	—	—	—
Ingle (1983)	CDJ (apical constriction)	0.5 mm from the apex	—	—	—
Frank <i>et al.</i> (1988)	—	0.5–1 mm (apical stop)	—	—	Their obturation casual and not clinically relevant
Guldener (1985)	—	1 mm from the apex	0.5 mm longer (0.5 mm from the apex)	—	—
Taylor (1988)	Apical constriction (minor diameter)	—	—	—	—
Pecchioni (1983)	—	0.5–1 mm from the apex	Overfilling accepted	Slight overfilling not relevant	—
Seltzer <i>et al.</i> (1968, 1969)	—	Instrumentation and obturation 'short'	—	Not accepted	—
Langeland (1967)	Apical constriction	Apical constriction	No difference in limit of procedure	Not intended	Not intended material in lateral canals
Schilder (1967, 1976, 1987)	—	Radiographic terminus of the canal	No difference in limit of procedure	Not relevant	Obturation desired

## 2.3.2 Métodos Utilizados en la Determinación de la Longitud de Trabajo

### Método de Ingle<sup>1</sup>

Requerimientos:

- Buena radiografía (sin distorsión) en donde se puedan ver todas las estructuras de la pieza afectada.
- Acceso adecuado.
- Regla endodóncica.
- Conocimiento de morfología.
- Punto de referencia anatómico.

Método

1. Se mide el diente en la radiografía preoperatoria

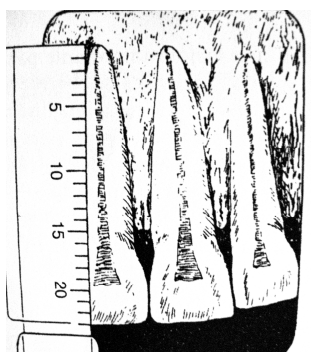


Figura 7: Radiografía Preoperatoria (Ingle, 1994. Pg: 523)

2. Se resta un margen de seguridad mínimo de 1.0 mm, por la posible distorsión o ampliación de la imagen.
3. Se fija la regla endodóncica a esta longitud de trabajo tentativa, y se ajusta el tope de caucho sobre el instrumento a este nivel.

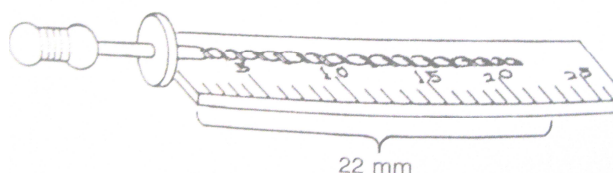


Figura 8: Longitud de Trabajo Tentativa (Ingle, 1994. Pg: 523)

4. El instrumento se coloca dentro del conducto, hasta que el tope de caucho se encuentre en el plano de referencia, a menos que el paciente sienta dolor (si no se ha utilizado anestesia), en cuyo caso el instrumento se deja a ese nivel, y se ajusta nuevamente el tope de caucho hasta este nuevo punto de referencia.
5. Se expone, revela y fija la radiografía.
6. Sobre ésta, se mide la diferencia entre la punta del instrumento y la de la raíz. Se suma esto a la longitud original medida con el instrumento dentro del diente. Si a causa de algún descuido el instrumento explorador ha pasado el ápice, se resta esta diferencia.

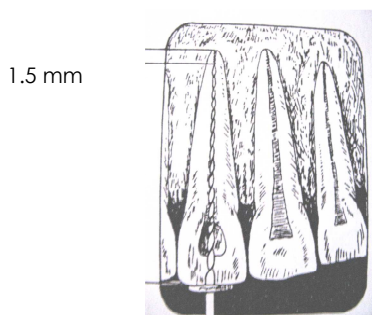


Figura 9: Corrección de la Longitud de Trabajo (Ingle, 1994. Pg: 523)



7. A esta longitud ajustada del diente, se resta 1.0 mm (factor de seguridad) para coincidir con la terminación apical del conducto radicular en la constricción apical. Ej.:

$$22.0 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm} = 23.5 \text{ mm}$$

$$23.5 \text{ mm} - 1.0 \text{ mm (factor de seguridad)} = 22.5 \text{ mm}$$

8. Se fija la regla endodónica a este nuevo nivel, corrigiendo y ajustando de nuevo el tope de caucho sobre el instrumento explorador.

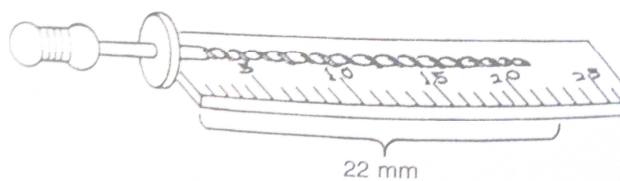


Figura 10: Medición de la Lima. (Ingle, 1994. Pg: 523)

9. Debido a la posibilidad de distorsión radiográfica, raíces muy curvas y errores del operador durante la medición, es muy conveniente tomar una radiografía para confirmar la longitud ajustada. En muchos casos esta inversión adicional de algunos minutos evitará la molestia y el fracaso derivados de la falta de precisión.
10. Una vez confirmada la longitud de trabajo final, del diente con precisión, se vuelve a fijar la regla endodónica en esta medida.

11. Se registra esta longitud de trabajo final, así como el punto de referencia coronal en la historia clínica del paciente.
12. Una vez más, es importante insistir en que la longitud final de trabajo puede acortarse hasta en 1 mm al enderezar un conducto curvo mediante la instrumentación. Por tanto, es recomendable que la “longitud del diente” en un conducto curvo se reconfirme después de haber efectuado la instrumentación.

### Método de Walton<sup>24</sup>

1. La película, que se tomó con el uso de una técnica de paralelismo, se mide desde el punto de referencia al ápice con una regla endodónica milimétrica.

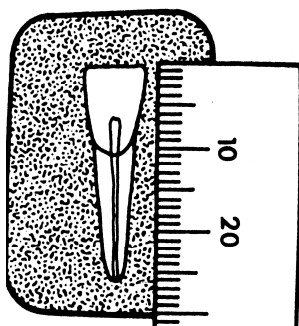


Figura 11: Medición de la Radiografía (Walton , 1996. Pg: 210)

De la medida radiográfica se restan 3mm para la longitud de trabajo calculada. Se toma en cuenta lo siguiente:

- 1.1 La relación del ápice radiográfico con el foramen apical o en la constricción apical (cerca de 1 mm).

1.2 Efecto de magnificación en la radiografía. Para todos los dientes se permite un aumento de 2 mm (debido a la divergencia del rayo central).

1.3 Esta resta de 3 mm por lo general deja la colocación inicial del instrumento un poco corta de la longitud de trabajo (un buen margen de error).

2. Se coloca un tope de caucho en el instrumento medido hasta la longitud de trabajo calculada en cada serie de limas pequeñas.
3. Estas limas, que se miden de la longitud de trabajo calculada, se utilizan en tamaños más grandes de manera sucesiva para explorar el conducto hasta que se alcance el tamaño en que se detiene (atora) o un poco corto de la longitud de trabajo calculada. Se toma una radiografía. No se utilizan las limas números 8 ó 10 para tomar radiografías de longitud de trabajo; las puntas de las limas pequeñas se sobrepasan y por lo regular no son visibles. En radiografías de molar, las puntas de la lima numero 15 a menudo están oscuras y no se deben utilizar.
4. En un diente multiradicular, los instrumentos se colocan en todos los conductos, o en ocasiones se colocan dos a la vez.
5. Si una raíz contiene dos conductos (o puede haber un conducto no descubierto), el cono se debe colocar en una desviación horizontal de 20 a 30 grados de la proyección normal vestibular.
6. Se expone la radiografía con los instrumentos colocados; por lo regular es suficiente una sola, pero en ocasiones es necesaria alguna adicional.

## Técnicas alternativas

### *Sensación de constricción apical*

Muchos profesionales creen que desarrollando la sensación del tacto, van a lograr sentir la constricción apical de la pieza. Esto es algo casi imposible de sentir, además, muchas piezas no poseen una constricción apical. En el caso de que se utilizara una lima muy pequeña, no se podrá sentir la constricción apical. Por lo tanto, la elección del tamaño de la lima tendría que ser exacto para que se pueda sentir la constricción apical y no sobre pasarla.

### *Respuesta del paciente*

Este tipo de prueba, al igual que la anterior, no es científicamente cierta. Esta prueba dice que en casos de necrosis pulpar, se puede no anestésiar al paciente y de esta forma determinar la longitud de trabajo. Esto puede conllevar a muchos errores ya que una pieza no necesariamente se encuentra necrosada por completo, generalmente posee una necrosis parcial y en los tercios apicales todavía se encuentra tejido vital. Si este fuere el caso, la longitud de trabajo quedaría corta ya que el paciente sentiría un estímulo doloroso antes que la lima llegara a la constricción apical verdadera. Existen situaciones contrarias, en la que el paciente no siente dolor alguno y la lima sobrepasa la constricción apical invadiendo los tejidos perirradiculares.

## **2.4 Causas de Desviación Foraminal**

### **2.4.1 Fisiológicas**

#### **- Hábitos**

Los hábitos varían mucho según el paciente, su tipo de oclusión, sus estructuras etc. Un hábito se lo define como “costumbres o prácticas adquiridas por la repetición de un mismo acto.”<sup>25</sup> Los hábitos rompen el equilibrio normal muscular – orofacial y pueden interferir en la formación de las piezas dentarias. La lengua al ser un músculo tan potente, puede alterar la forma del ápice dentario y su dirección al ejercer presión a nivel de la región apical de una pieza dentaria.

#### **- Edad**

Con el pasar de los años todas las piezas dentarias sufren cambios en su estructura, tanto en los tejidos duros como en los tejidos blandos, por lo tanto se modifican y la anatomía del foramen apical cambia. En la figura 12 (a), se puede observar el ápice radicular sin referencia de conducto dentinario, ni cementario. En la figura 12 (b), se puede ver el foramen apical con dentina y cemento joven. En la figura 12 (c), se puede identificar un cambio a nivel apical por depósitos de cemento. El cemento se deposita por lo general a lo largo de la vida y aumenta cuando existen traumas oclusales, los cuales están estrechamente relacionados con la edad del paciente.

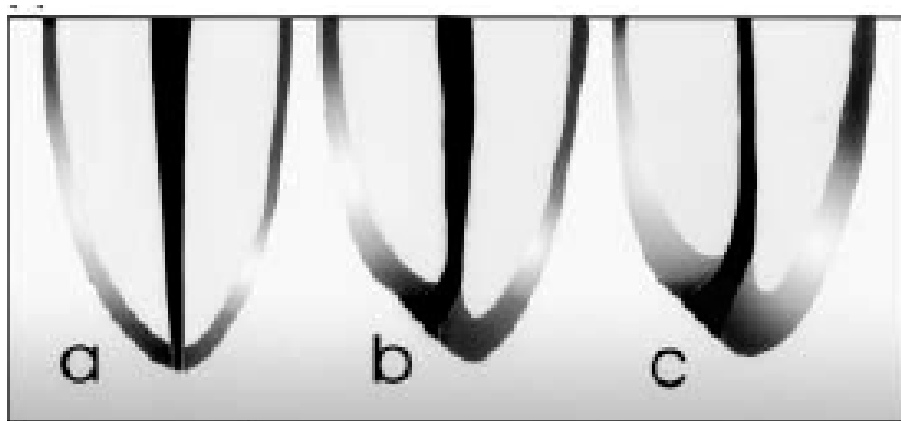


Figura 12: "Posición del Foramen Apical" (Gordon, 2004 Pg: 426)

La mayoría de forámenes apicales terminan a un lado de la raíz del conducto principal, pero existe controversia en la distancia que existe entre el ápice del diente y el foramen apical mayor. Según Kuttler<sup>2</sup>, el foramen apical puede terminar hasta 3 mm por arriba de la raíz. Según otros autores como por ejemplo Green<sup>26 27</sup>, la distancia desde el ápice al foramen apical en dientes anteriores es de 0.3 mm, mientras que en piezas posteriores el ápice puede llegar a ser de 0.43 mm. Kuttler<sup>2</sup>, menciona que en dientes anteriores la distancia existente entre el ápice y el foramen apical mayor es de 0,36 mm en dientes anteriores y 0,48mm en piezas posteriores.

Autores como Kuttler<sup>2</sup> en el año de 1955, Dummer<sup>28</sup> et al., en 1984 y Stein & Corcovan<sup>29</sup> en 1990 señalan que la distancia existente entre el foramen apical mayor y el ápice de la pieza es de aproximadamente 0,5mm en dientes de personas jóvenes y que en personas adultas es de 0,8 mm. Esta medida puede variar dependiendo de la patología que presente la pieza.

La cantidad de aposición de cemento que posea la pieza es otra variable que se debe de considerar. En piezas dentarias de personas jóvenes, por lo general existe menor cantidad de aposición de cemento que piezas dentarias de personas adultas o viejas. Esto se

debe a que las caras oclusales de piezas dentarias jóvenes no se encuentran desgastadas, por lo tanto las fuerzas masticatorias se distribuyen a lo largo de todo el eje dentario, dando un equilibrio, en la fuerza e impacto, sin alterar ninguna estructura. Con la edad las piezas dentarias se desgastan, y sus cúspides y fosas van perdiendo forma y aplanándose, ocasionando que la fuerza masticatoria no se distribuya uniformemente y solamente se dirija al ápice. Como consecuencia, el huésped activa a los cementoblastos y se da la aposición de cemento. Otra razón por la que el ápice radicular se modifica con la edad, es porque el espacio periodontal disminuye, esto se debe a que las fibras del periodonto pierden vascularidad y por lo tanto grosor. Adicionalmente, la pieza se extruye para llegar a la oclusión y se estimula la aposición de cemento.<sup>1</sup>

### - **Morfología**

Cuando se realiza una conductometría en un conducto curvo, se debe de visualizar la forma en la que ingresa la lima y la forma en la que sale, ya que esta se adapta a la forma original del conducto y nos puede dar una idea de la curvatura, grado y dirección del conducto. En muchos casos, después de instrumentar y ensanchar un conducto curvo la longitud de trabajo puede acortarse 1 mm, es por esto que se debe de reconfirmar la longitud de trabajo luego de la instrumentación del mismo.

En el año de 1971 Sam W. Schneider realiza un estudio en el que analiza la instrumentación en el tercio apical de conductos rectos y curvos.<sup>30</sup>

#### Método de Schneider

Nos dice que a un conducto curvo se lo debe de dividir en dos segmentos:

- Uno que desciende desde el suelo de la cámara siguiendo el eje longitudinal a lo largo de la mayor parte de los dos tercios coronales de la raíz
- Otro que vaya desde el ápice en dirección oclusal atravesando el tercio apical de la raíz

Al tener estos dos segmentos, se forman 4 ángulos. El ángulo interno equivale aproximadamente a la curvatura del conducto, es decir, es un cálculo aproximado de la curvatura mesio-distal sin tener en cuenta la curvatura buco-lingual. Cuando se realiza este método, es de suma importancia fijarse en la forma que tiene la lima antes de entrar en el conducto ya que se debe de mantener la curvatura original de la pieza.

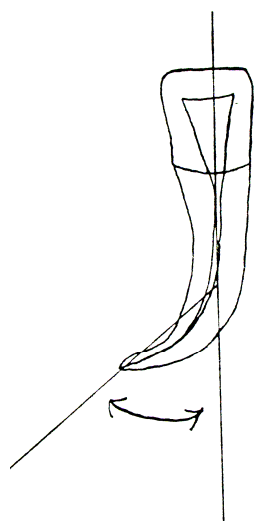


Figura 13: Grado de Curvatura (Schneider, 1971. pg: 272)

Dependiendo del ángulo que se forma al trazar estas dos líneas se clasifica el grado de curvatura que la pieza posee:

- Leve: 5 grados o menos.
- Moderada: 10 a 20 grados.
- Severa: 25 a 70 grados.



Adicionalmente, en el estudio realizado por Schneider se investigó la frecuencia que cada una de las piezas puede presentar en cuanto a la curvatura buco – lingual y la dirección de salida de cada conducto. En la tabla a continuación se presenta únicamente las piezas que competen a esta investigación.

Tabla 2: Curvaturas en dientes anteriores superiores<sup>31</sup>

<b>DIENTES SUPERIORES</b>	<b>Curvatura Buco – Lingual</b>	<b>Salida Buco – Lingual</b>
Incisivo Central	Muy Rara	Antes del ápice en dirección bucal
Incisivo Lateral	Frecuentemente disto- lingual	En dirección disto-lingual
Canino	Rara	Antes del ápice en dirección bucal

Tabla 3: Curvaturas en dientes anteriores inferiores<sup>31</sup>

<b>DIENTES INFERIORES</b>	<b>Curvatura Buco – Lingual</b>	<b>Salida Buco – Lingual</b>
Incisivo Central	Posiblemente disto-lingual	Muchas posibilidades
Incisivo Lateral	Mas frecuente que en el incisivo central, en dirección disto – lingual	Muchas posibilidades

Canino	Posiblemente disto-lingual	Muchas posibilidades
--------	----------------------------	----------------------

### - **Vásculo- Nerviosas**

El paquete vásculo-nervioso es un sistema que penetra por el orificio apical hacia la pulpa dispuesto en varias ramificaciones.<sup>1</sup> Cuando las piezas dentarias están formadas completamente y cumplen su función, las aposiciones cálcicas encierran las ramificaciones de los vasos y los nervios permitiendo la formación de deltas apicales, conductos primarios, secundarios, forámenes y foraminas.<sup>1</sup>

## **2.4.2 Patológicas**

### - **Reabsorción Radicular**

Las reabsorciones radiculares se originan por patologías periapicales ocasionadas por la presencia de bacterias, sus productos y la respuesta del huésped. “La reabsorción asociada a la periodontitis apical crónica puede alterar significativamente la forma del ápice y la anatomía del orificio por la actividad osteoclástica inflamatoria.”<sup>5</sup> Las patologías periapicales explicadas a continuación según la clasificación de Martin Trope ocasionan reabsorciones radiculares:

1. Reabsorción radicular externa causada por una lesión restringida a la superficie externa de la raíz.
  - a. Lesión localizada:

Es una lesión mecánica del cemento que ocasiona inflamación local y reabsorción de la raíz. Si no hay un estímulo inflamatorio prolongado, la lesión por lo general sana en un período de 14 días. La lesión se localiza únicamente en el lugar de daño, por lo general no se la puede observar radiográficamente, es asintomática y la pulpa por lo general se encuentra vital.

b. Lesión difusa:

La lesión difusa se presenta cuando ha ocurrido un traumatismo severo que ocasione un daño del 20% o más de la raíz, creando un proceso inflamatorio que lleva a la anquilosis del diente. En la etapa de remodelamiento se aposiciona hueso en vez de dentina, y lentamente la raíz es remplazada por hueso a lo que lo conoce como reemplazo óseo. Este proceso es irreversible y es considerado como un proceso fisiológico normal. El tratamiento debe ser en la fase inicial evitando la respuesta inflamatoria. Se debe considerar cinco fases:

- Prevención.
- Tratamiento.
- Uso de medicamentos.
- Estimulación de cemento reparativo.
- Intervenciones para reducir el reemplazo óseo.

2. Reabsorción Radicular Externa causada por una lesión a la superficie externa de la raíz con componente inflamatorio.

a. Presión:

La presión causa un daño en el cemento y estimula a la reabsorción de la raíz, generalmente causados por tratamientos ortodónticos, dientes impactados y tumores. La presión por lo general reabsorbe la raíz a nivel del límite cemento

dentina conducto y no es visible radiográficamente. Solamente eliminando el factor irritante se puede evitar la reabsorción radicular.

b. Infección del Espacio Pulpar:

Esta patología puede causar reabsorción de la raíz apicalmente o lateralmente.

- Periodontitis apical con reabsorción de la raíz: La etiología de la reabsorción externa de la raíz es la necrosis pulpar, generalmente causada por caries dental. Las bacterias y sus productos, se difunden hacia el periodonto reabsorbiendo la raíz a nivel del límite cemento dentina conducto. Una de las explicaciones de porqué se reabsorbe a este nivel, es porque la capa de protección es muy delgada a comparación de otras partes de la raíz. La reabsorción apical es asintomática, no visible mediante radiografía, pero se puede diagnosticar, por medio de síntomas asociados a la inflamación periapical, ó mediante una evaluación histológica.

- Periodontitis apical con reabsorción lateral de la raíz: Ocurre cuando la raíz pierde la protección del cemento permitiendo una infección del espacio pulpar. La necrosis ocurre debido a una lesión severa que oblitera el paquete vásculo nervioso necrosando la pulpa en un período de tres semanas. El cemento se pierde, aumentando la permeabilidad para el ingreso libre de las bacterias hacia túbulos dentinarios, iniciando un proceso inflamatorio que reabsorbe la raíz y el hueso de la pieza afectada. El proceso continua hasta que se elimine el estímulo. Radiográficamente se puede observar áreas de radiolucidez progresivas en la raíz y el hueso adyacente.

c. Inflamación surcular:

Esta patología genera una reabsorción externa de la raíz causada por la inflamación de la unión epitelial del diente. Las etiología puede ser dada por tratamientos ortodónticos, trauma, blanqueamiento en dientes no vitales y otros factores. Se cree que las bacterias presentes en el surco son las que crean una inflamación a nivel de la unión periodontal de la raíz causando una reabsorción asintomática generalmente detectada por radiografías de rutina.

Cuando una pieza presenta reabsorción radicular, se debe tener en cuenta el grado del mismo, antes de establecer una longitud de trabajo. Mediante la radiografía se puede establecer la cantidad de reabsorción radicular, Weine recomienda valorar lo siguiente para calcular la longitud de trabajo:

1. Si no se visualiza reabsorción radicular ósea evidente, la preparación terminará a 1.0 mm del agujero apical.<sup>5</sup>

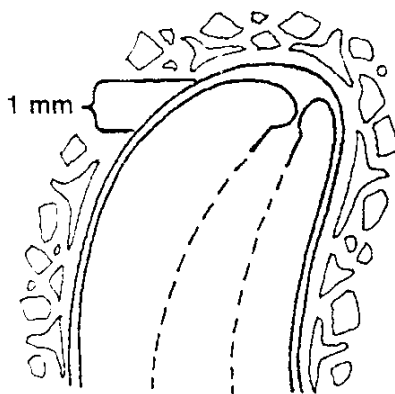


Figura 14: Reabsorción Radicular A (Ingle, 1994. pg: 202)

2. Si se observa la reabsorción ósea pero no hay reabsorción radicular, se acorta la longitud a 1.5 mm del agujero apical.<sup>5</sup>

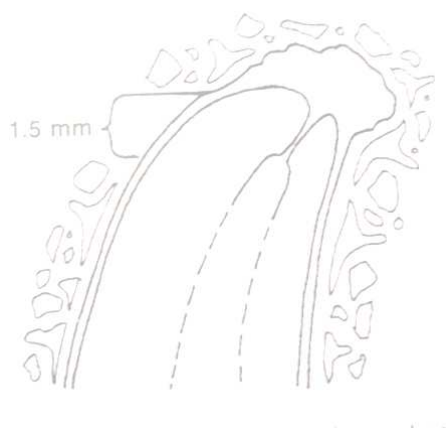


Figura 15: Reabsorción Radicular B (Ingle, 1994. pg: 202)

3. Si es evidente la reabsorción radicular y ósea, se acorta la longitud a 2.0 mm.<sup>5</sup>

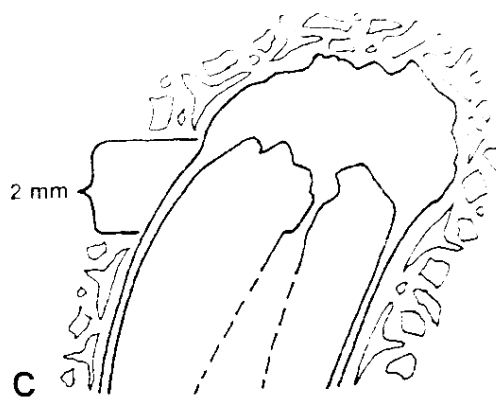


Figura 16: Reabsorción Radicular C (Ingle, 1994. pg: 202)

### - **Hipercementosis**

La hipercementosis se la define como el engrosamiento anormal del cemento.<sup>1</sup> Puede ser difusa o circunscrita, afectar a todos los dientes de la dentición, estar limitada a un sólo diente, o afectar a un sólo diente en alguna parte del mismo.<sup>1</sup> Si hay aposición de cemento, que mejora las propiedades funcionales del cemento, se lo conoce como

“hipertrofia del cemento”. Cuando ésta no aporta a la funcionalidad de la pieza dentaria, se denomina “hiperplasia del cemento”.<sup>1</sup> En patologías periapicales como la inflamación periapical crónica, se puede observar una extensa hiperplasia del cemento circunscrita que rodea a la raíz. Otra razón por la que puede ocurrir hipercementosis es por trauma, como toda agresión hay una respuesta del huésped, cuando una pieza dentaria sufre un trauma que afecta a la pieza dentaria, ésta crea cemento como defensa y reacción a la agresión. Al conocer las funciones del cemento y su importancia, se debe de tener en cuenta todo tipo de aposición del mismo antes de realizar una conductometría. Cohen, nos dice que “un conducto u orificio que parezca acabar o salir a cierta distancia del ápice radiográfico puede mostrar un ritmo normal y mantenido de formación de cemento, en cuanto que la hipercemetosis puede ocultar totalmente la anatomía del ápice y su raíz.”<sup>5</sup> Es muy probable que en los tratamientos de conducto se instrumente, ensanche y obture a nivel de conducto cementario. Esto nos lleva a concluir que cuando se presenta esta patología no es posible determinar con certeza la cantidad de cemento apostado, el ápex de la pieza y su dirección.

## **2.5 Localizadores Apicales Electrónicos**

### **2.5.1 Definición**

Los localizadores apicales son dispositivos electrónicos que fueron diseñados para determinar la longitud del conducto y localizar la constricción apical. Estos obtienen la medida del conducto radicular cuando la lima se introduce dentro del conducto radicular y toca el tejido periapical. Coadyuvante a esto, se puede utilizar los localizadores apicales para detectar perforaciones de todo tamaño, fracturas horizontales, fracturas verticales, ápices abiertos, presencia de objetos extraños, y reabsorciones internas o externas. Por las

razones mencionadas, los localizadores apicales no solamente cumplen una función, estos nos ayudan a formar un diagnóstico aun más completo.

## 2.5.2 Historia de los localizadores apicales

La primera persona que investigó un método electrónico para la determinación de la longitud de trabajo fue Custer<sup>32</sup> en el año de 1928, pero quien realmente continuó los estudios sobre el tema fue Suzuki<sup>33</sup>. En 1942, investigó el flujo de corrientes en dientes de perros y registró la medida de la resistencia eléctrica que existía entre el instrumento que estaba adentro del canal y el electrodo que se encontraba en la mucosa. Suzuki<sup>30</sup> llegó a inferir que ésta vendría a ser la longitud del conducto. Sunada<sup>34</sup>, basándose en el principio de Suzuki<sup>30</sup>, construyó un modelo simple utilizando corriente directa, la cual según él podía localizar el foramen apical. En el año de 1962, utilizando un óhmetro, Sunada<sup>31</sup> buscaba medir la resistencia eléctrica entre la membrana mucosa y el periodonto que media 6 k $\Omega$ , siempre que topaba el ligamento periodontal. Sin embargo, al utilizar corriente directa se produjo inestabilidad en el sistema, alterando la medida en distintas partes del diente, además de que la punta de la lima se polarizó. Con estos principios, se empezó a investigar más a fondo estos dispositivos y con el tiempo han ido evolucionando y logrando mayor eficacia.

### Primera Generación

El primer localizador apical fue desarrollado en 1969, el cual funciona por medio de un método de resistencia y corriente directa. Este localizador tuvo que ser modificado ya que generó dolor en los pacientes. Por esta razón, se decidió mejorar al localizador apical y se creó el “Endodontic Meter S II”. Otros localizadores apicales de primera generación fueron



el “Dentometer” y “Endo Radar”, los cuales no fueron muy aceptados ya que daban lecturas incorrectas comparadas con la longitud de trabajo radiográfica. Esto ocurría porque el localizador apical confundía el tejido vital, sangre, pus, electrolitos, anestésicos o restauraciones metálicas con el ligamento periodontal. Otra gran desventaja, es que se tenía que calibrar el localizador apical en cada paciente.

### Segunda Generación

Los localizadores apicales de segunda generación se basaban principalmente en el principio de impedancia y secundariamente en frecuencia simple. Esta propiedad, mide la distancia en diferentes condiciones del canal utilizando diferentes frecuencias. Los inconvenientes que presentaron estos localizadores es que no se los podía utilizar en pacientes adultos, ya que estos medían la transparencia de la dentina. En conductos calcificados y envejecidos no existe una diferencia tan marcada como en conductos de pacientes jóvenes. Estos localizadores también tenían que ser calibrados en cada uso.

Tabla 4: Estudios de precisión de localizadores apicales de segunda generación <sup>6</sup>

Investigator	Accuracy (%)	Device	Compared with
Inoue (1973)	92	Sono-Explorer	Tooth length
O'Neill (1974)	83	Sono-Explorer	Tooth length
Seidberg <i>et al.</i> (1975)	48	Sono-Explorer	RM
	64	Tactile sense	RM
Blank <i>et al.</i> (1975)	89	Sono-Explorer	Tooth length
	85	Endometer	Tooth length
Chunn <i>et al.</i> (1981)	15	Forameter	Tooth length
Berman & Fleischman (1984)	Consistently accurate	Neosono-D	Tooth length
Trope <i>et al.</i> (1985)	90.6	Sono-Explorer Mark III	RM
Inoue & Skinner (1985)	57.7	Sono-Explorer Mark III	RM
Wu <i>et al.</i> (1992)	77.5	Sono-Explorer Mark III	Tooth length
Kaufman <i>et al.</i> (1989)	56	Dentometer	Ingles method
	44	Sono-Explorer Mark II	Ingles method
McDonald & Hovland (1990)	93.4	Endocater	Tooth length
Keller <i>et al.</i> (1991)	67.7	Endocater	Tooth length

RM, radiographic measurement. Tooth length = real or extracted tooth length measurement. Ingles method = radiographic.

### Tercera Generación

Los localizadores apicales de tercera generación son muy parecidos a los de segunda generación. Su única diferencia radica en que tienen múltiples frecuencias para determinar la distancia del fin del conducto radicular. Estos poseen más micro-procesadores y pueden realizar cuocientes y algoritmos matemáticos necesarios para dar lecturas más precisas. Adicionalmente, estos localizadores ya no se ven alterados por electrolitos dentro del conducto. Son fáciles de utilizar, no necesitan ser calibrados entre cita y cita, emiten sonidos y poseen pantallas las cuales ayudan a visualizar la distancia que falta para llegar al ápice.

### Cuarta Generación

Son localizadores que funcionan con el mismo principio que los de tercera generación, con leves variaciones. Actualmente se ha probado que estos localizadores poseen la misma exactitud que los localizadores de la generación pasada.

## **2.5.3 ROOT ZX II**

El ROOT ZX II (J. Morita MFG. Corp, Kioto Japon, Serie # TE 8644, Modelo DP – ZX, Tipo RCM - EX) es una nueva versión del ROOT ZX. Este localizador utiliza los mismos principios de frecuencia doble e impedancia comparativa.

El ROOT ZX II es un localizador apical automático que mide con precisión la constricción apical en presencia de hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, sangre o pulpa. No necesita ser calibrado ya que se calibra automáticamente evitando que factores como temperatura, humedad etc. alteren las mediciones. Tampoco es necesario ponerlo en cero antes de medir un canal. Utiliza impedancias a dos frecuencias dentro del conducto, 8

y 0.4 kHz las cuales son calculadas por un microprocesador. “El ROOT ZX se basa principalmente en la detección del cambio en la capacitancia eléctrica que ocurre cerca de la constricción apical”<sup>1</sup>. Al igual que todos los localizadores, este localizador permite la conformación y limpieza del conducto con precisión ya que puede ser utilizado cuantas veces sean necesarias para verificar la longitud de la preparación. Se han realizado varios estudios para evaluar a este localizador frente a muchas condiciones y distintas variables. El estudio de Gordon<sup>6</sup> demostró que el ROOT ZX puede servir perfectamente en distintas condiciones y la precisión es bastante exacta. Se concluyó que este localizador apical posee un 90% de exactitud en las mediciones realizadas a 0.5 mm del foramen apical o límite CDC. Otros estudios reportan una exactitud del 100 % a 1.0 mm del foramen apical o límite CDC.

Tabla 5: Las propiedades del Root ZX <sup>6</sup>

Investigator	Variable tested	Accuracy (%)	Compared with	Sample (n)
<b>Clinical accuracy permanent teeth <i>in vitro</i></b>				
Czerw <i>et al.</i> (1995)	Accuracy <i>in vitro</i>	100 ( $\pm 0.5$ mm)	Tooth length	30
White <i>et al.</i> (1996)	Accuracy <i>in vitro</i>	84 ( $\pm 0.5$ mm)	Tooth length	51
Ounsi & Naaman (1999)	Accuracy <i>in vitro</i>	85 ( $\pm 0.5$ mm)	Tooth length	39
<b>Accuracy in the presence of irrigants</b>				
Shabahang <i>et al.</i> (1996)	Accuracy <i>in vivo</i>	96 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	26
McGinty <i>et al.</i> (1996)	Irrigants and accuracy <i>in vitro</i>	No difference	Tooth length	16
		between irrigants		
Weiger <i>et al.</i> (1999)	Irrigants and accuracy <i>in vitro</i> – NaOCl	85 ( $\pm 0.5$ mm)	Tooth length	41
Jenkins <i>et al.</i> (2001)	Various irrigants and accuracy <i>in vitro</i>	No difference	Tooth length	30
Meares & Steiman (2002)	Accuracy with NaOCl <i>in vitro</i>	83 ( $\pm 0.5$ mm)	Tooth length	40
		No difference		
<b>Clinical accuracy permanent teeth <i>in vivo</i></b>				
Vajrabhaya & Tepmongkol (1997)	Accuracy <i>in vivo</i>	100 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	20
Pagavino <i>et al.</i> (1998)	Accuracy <i>in vivo</i> – SEM	83 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	29
		100 ( $\pm 1.0$ mm)		
Dunlap <i>et al.</i> (1998)	Accuracy vital versus necrotic <i>in vivo</i>	82 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	34
McDonald <i>et al.</i> (1999)	Accuracy <i>in vivo</i>	95 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	20
Welk <i>et al.</i> (2003)	Accuracy <i>in vivo</i>	91 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	32
		Minor diameter		
<b>Clinical accuracy in primary teeth</b>				
Katz <i>et al.</i> (1996)	Accuracy in primary teeth – <i>in vitro</i>	100 ( $\pm 0.5$ mm)	Extracted tooth length	20
Mente <i>et al.</i> (2002)	Accuracy in resorbed primary teeth – <i>in vitro</i>	98 ( $\pm 1.0$ mm)	Tooth length	24
Kielbassa <i>et al.</i> (2003)	Accuracy in primary teeth – <i>in vivo</i>	64 ( $\pm 1.0$ mm)	Extracted tooth length	71

### 2.5.4 Funcionamiento

La mayoría de localizadores apicales electrónicos poseen las mismas funciones, ya que se basan en principios de: resistencia, impedancia y frecuencia. La resistencia y la impedancia miden la dificultad eléctrica para atravesar algún material. La resistencia se diferencia de la impedancia en que ésta posee una corriente estable, directa y unidireccional. La impedancia por lo contrario, posee una corriente alterna que se relaciona con factores como la capacitancia, inductancia y frecuencia de medición. La capacitancia es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse al cambio en la magnitud de tensión de un circuito eléctrico.<sup>35</sup> La inductancia es el campo magnético que crea una corriente eléctrica al pasar a través de una bobina de hilo conductor enrollado alrededor de la misma que conforma un inductor.<sup>36</sup> Por último, la frecuencia de medición se refiere a la cantidad de movimientos vibratorios y oscilatorios que se producen en una unidad de tiempo.<sup>37</sup> Clínicamente, la impedancia se aplica al principio de que entre el ápice y la mucosa no hay una corriente estable y no se la puede medir directamente. Por esta razón, la impedancia eléctrica por lo general tiene un valor diferente a la resistencia.

Los localizadores apicales emiten una corriente alterna que va por el conducto lo cual da la resistencia para detectar la impedancia existente entre el tejido apical y mucosa bucal. El tejido blando de la boca es el que conduce la electricidad y los tejidos duros son los que oponen resistencia. El principio de Sunada<sup>37</sup> (1961), dice: “cuando la resistencia entre el electrodo de medición y el contrario alcanza un determinado valor, la punta del instrumento ha llegado al ápice”. Este principio define una resistencia absoluta generando una corriente directa estable unidireccional. Estudios han demostrado que un conducto con tejido vital da una resistencia de 6.5 k $\Omega$  (Kiloohmios). Cuando hay un aumento de

electrolitos se produce un aumento de impedancia y disminuye el gradiente a través del conducto. En condiciones relativamente secas, el valor que da la impedancia en el agujero, entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, se utiliza para calibrar los localizadores apicales comerciales pero clínicamente, en el agujero apical, no están estrictamente calibradas.

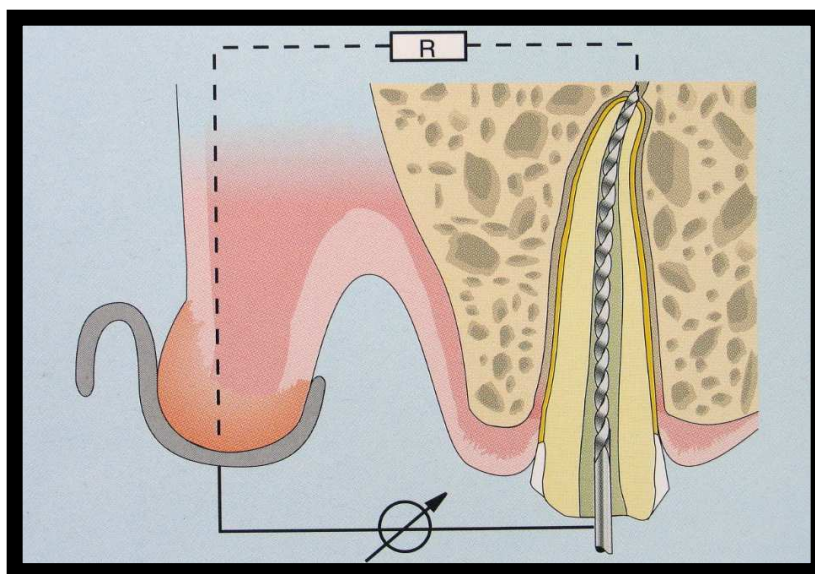


Figura 17: Conexión de un Localizador Apical (Beer, 1995 Pg. 116)

Para que el localizador apical pueda registrar una medida, este tiene que formar un circuito. Para que el circuito funcione, el paciente tiene que tener fijado uno de los electrodos, la pinza, en la mucosa del labio o en la mejilla; el otro electrodo tiene que ingresar en el vástago metálico de la lima que se vaya a utilizar. Al prender el localizador apical, inicia un circuito cerrado entre los dos electrodos, emitiendo una corriente con carga muy pequeña. Esta carga permite que se efectúe la medición de la impedancia eléctrica cuando establece contacto con el tejido apical y con la mucosa oral.

### 2.5.5 Procedimiento

- Antes de utilizar el localizador se debe de:
  - o Enuclear el tejido pulpar de la cámara y parte del conducto.
  - o Irrigar el conducto con soluciones ionizantes como peróxido de hidrógeno, agua destilada o hipoclorito de sodio para que este se encuentre húmedo.
  - o Eliminar todo material que pueda interferir en la medición como objetos, sustancias, materiales de obturación etc.
  - o Secar la cámara de la pieza.
- Se coloca la pinza del electrodo contrario en la zona del labio o mucosa bucal en la arcada contraria a la que se va a examinar.
- Se escoge una lima 10 ó 15 según la anchura del conducto que se vea en la radiografía preoperatoria.
- Se estima la longitud del conducto midiendo la radiografía preoperatoria y se fija el tope de caucho a esta medida.
- Se introduce la lima lentamente en el conducto y se observa en la pantalla del localizador, como la lima se aproxima al ápice. En el momento en el que la lima toca los tejidos periapicales, el localizador indica la llegada al ápice con un sonido constante o titilando la imagen en la pantalla.
- Se puede verificar la longitud obtenida realizando este procedimiento varias veces y mediante la toma de una radiografía periapical convencional o digital.
- Es importante considerar los siguientes parámetros para que no existan alteraciones:
  - o Siempre tener el mismo punto de referencia.

- El tope de caucho se debe de encontrar siempre en un plano recto perpendicular a la lima.
  - No desecar ni empapar el conducto.
  - Secar siempre la cámara de la pieza.
  - Comprobar que la pinza del electrodo contrario este tocando la mucosa.
- En el caso de que la radiografía tomada revele que la lima esta corta o sobrepasada, se debe de verificar lo siguiente:
- Existencia de elongación o escorzo en la radiografía.
  - Presencia de conductos accesorios.
  - Desemboque por encima del ápice.
  - Dirección de la raíz y superposición de estructuras.
  - Ubicación del foramen apical.

### **2.5.6 Factores que interfieren en la determinación de la longitud de trabajo**

Los factores que pueden interferir para que la determinación de la longitud de trabajo no sea correcta pueden ser varios. Se debe de conocer muy bien el localizador apical que se esta utilizando y la generación a la que pertenece, ya que los localizadores de generaciones pasadas tienen un mayor porcentaje de error y por lo tanto, menor precisión. Siempre se debe de verificar si el localizador se encuentra con batería suficiente para poder realizar la lectura.

En cuanto a las condiciones del conducto, en muchas ocasiones puede existir demasiado tejido pulpar y esto puede llegar a alterar la medición. El conducto puede encontrarse muy húmedo y por lo tanto tener mucha carga electrolítica, o por lo contrario,

estar muy seco y no transmitir conductividad. Puede tener calcificaciones o canales accesorios y de esta forma se imposibilita el ingreso de la lima.

La elección de la lima puede ser un factor, ya que limas gruesas utilizadas en conductos radiculares con diámetros grandes, aumentan el porcentaje de error. Otra causa puede ser que ésta, al ser de mayor calibre, no ingrese hasta la longitud del diente o también la lima puede ser demasiado delgada y sobrepasar el ápice.

La presencia de restauraciones metálicas que se encuentren en contacto con la pinza del electrodo contrario puede ocasionar una lectura incorrecta.

## **Justificación**

La medición de la longitud de trabajo es esencial para realizar un buen tratamiento de conducto, que lleve a la pieza dentaria a un buen pronóstico y éxito en la rehabilitación de la misma. Actualmente existen varios métodos para obtener esta longitud pero no se sabe realmente con precisión cuál es el más exacto. Durante décadas se ha obtenido esta medida mediante la radiografía convencional, método táctil, sensibilidad y puntas de papel. Actualmente existen una variedad de aparatos electrónicos que llegan a determinar dicha medida. Por esta razón es de suma importancia determinar qué método de los más utilizados, es el que ofrece más precisión para determinar el límite cemento dentina conducto.



### 3. METODOLOGÍA

En el presente estudio se seleccionaron 107 dientes humanos (extraídos) y se seleccionó solamente los que cumplían con los siguientes criterios de selección:

- Uniradiculares con conductos únicos.
- Ápices cerrados.
- Raíces con curvaturas leves (menores a 5°), medidas con el método de Schneider.
- Sin reabsorciones radiculares.
- Sin calcificaciones.
- Sin tratamiento de endodoncia.

De los 107 dientes se descartaron 15 dientes ya que estos no cumplían con los criterios de selección mencionados anteriormente. Todos los dientes fueron cuidadosamente limpiados con una punta de cavitron (Scalex 800 Dentamerica) y cepillados con piedra pómez y agua para eliminar todos los tejidos adheridos al diente. Las piezas fueron almacenadas en suero fisiológico, el mismo que fue remplazado diariamente durante todo el estudio.



Figura 18: Almacenamiento (PAC, 2007)

En este estudio, se utilizó como referencia el eje longitudinal de la corona de la pieza dentaria, el cual se lo obtuvo trazando una línea recta, con un marcador de punta fina 0,1 (Staedtler), desde la parte más cervical de la corona hacia la punta del ápice considerando siempre las curvaturas originales de la raíz.

Utilizando un disco de diamante de doble luz (Miltex), las coronas de todas las piezas dentarias fueron cortadas a nivel del límite amelocementario dejando un plano oclusal recto perpendicular al eje longitudinal de la pieza dentaria, el mismo que fue utilizado como punto de referencia para todas las conductometrías.



Figura 19: Corte de Coronas Dentarias (PAC, 2007)

Con el conducto de cada pieza perfectamente visible, se numeró a todas las raíces con un marcador permanente de punta fina 0,1 (Staedtler) en orden ascendente desde el número uno (1) hasta el número noventa y dos (92).



Figura 20: Numeración de las Raíces Dentarias (PAC, 2007)

### 3.1 Medición Radiográfica de la Longitud de Trabajo

Se fijaron todas las raíces, en sentido vestibulo – lingual / palatino, en una placa radiográfica (Kodak) con una gota de cera líquida transparente y se numeró cada placa radiográfica de acuerdo al numero de raíz.



Figura 21: Fijación de las Raíces Dentarias en la Placa Radiográfica (PAC, 2007)

Se colocó la placa radiográfica en una superficie plana, totalmente perpendicular al cono del equipo radiográfico (Gnatus modelo Timex – 70 Incetro, Ribeirao Preto, Brasil) programado a 70 kVp y 9 mA.

Se expuso la placa por 0,7 segundos, a una distancia de 8 cm (la cual se midió con una regla plástica Carioca) desde el cono del equipo radiográfico hasta la superficie donde se encontraba la placa.

Se reveló cada radiografía manualmente en líquidos para revelado y fijado (Dental HTC marca Henry Schein Melville, USA), dejando cada placa durante 40 seg. y 2 min., respectivamente. Se repitió el mismo procedimiento con todas las 92 placas radiográficas.

Una vez obtenidas las radiografías, se realizó la conductometría de cada una de las raíces utilizando el método de Ingle, el mismo que fue resumido y modificado en términos importantes para esta investigación:

- Medición de la radiografía preoperatoria con una lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza), desde el punto de referencia coronal hasta el ápice radiográfico. Se mide la lima con una regla de dedo (Moyco Union Broach) y se obtiene un valor numérico.

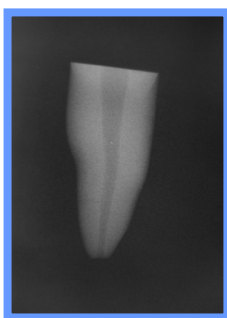


Figura 22: Radiografía Inicial (PAC, 2007)

- Con el valor numérico obtenido en el paso anterior, se sustrae 0.5 mm como margen de seguridad, el cual evita cualquier sobrepase de la constricción apical y evita lesionar tejidos periapicales.
- Se mide la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) en la regla de dedo (Moyco Union Broach) a la longitud establecida en el paso anterior y se ajusta el tope de caucho a este nivel.

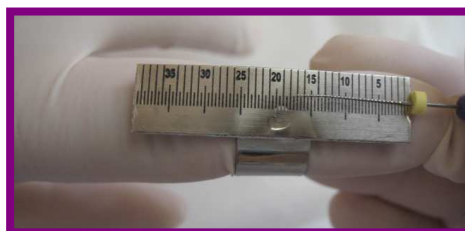


Figura 23: Medición de la Conductometría Aparente (PAC, 2007)

- Se ingresa la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) en el conducto radicular hasta que el tope de caucho se encuentre a nivel del punto de referencia coronal.
- Se fija la lima dentro del conducto con una bolita de algodón, se toma una radiografía y se revela con los parámetros ya explicados anteriormente.

En el caso de que la conductometría realizada satisfaga al operador se anota en la hoja de resultados, si no satisficiera al operador la medida obtenida, se realiza el siguiente procedimiento para corregir la medida:

- En la radiografía ya tomada, se mide con la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) la distancia que existe entre la punta de la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) que se ve en la radiografía y el ápice radiográfico, y se fija el tope de caucho a este nivel.

- Se mide la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) con la regla de dedo (Moyco Union Broach) y se añade la medida a la longitud original del instrumento.

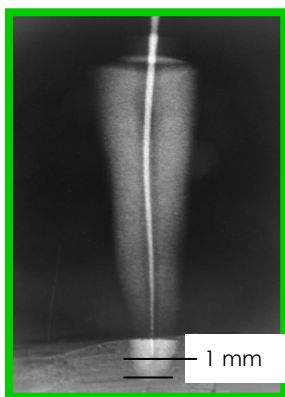


Figura 24: Primera Corrección de la Longitud de Trabajo (PAC, 2007)

- Se resta los 0.5 mm de margen de seguridad.
- Se ajusta la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) a la nueva medida, se ajusta el tope de caucho y se ingresa nuevamente dentro del conducto hasta que el tope de caucho se encuentre a nivel de la referencia establecida anteriormente.
- Se fija la lima con una bolita de algodón y se toma una nueva radiografía.
- Se revela con los parámetros ya mencionados anteriormente.
- Se confirma si la longitud que se ve en la nueva radiografía si está correcta.
- Si ésta se encuentra a la longitud deseada se anota como conductometría final en la hoja de resultados.

Aplicando este método, se realizaron todas las conductometrías y correcciones necesarias en cada una de las raíces del estudio, numerando siempre la placa radiográfica

de acuerdo al número de la pieza y especificando el número de corrección realizada. Se realizó este procedimiento en todas las raíces hasta que la última radiografía de cada raíz se encontrara a la longitud de trabajo deseada. Se almacenaron todas las radiografías. Para el análisis de resultados se consideró la medida obtenida con la radiografía final de cada raíz.

### 3. 2 Medición Electrónica de la Longitud de Trabajo

#### Instalación

Se utilizó una caja plástica con agujeros preformados (Microtube Storage Box, VWR Scientific Products) los cuales fueron adaptados según el tamaño de cada raíz. En el caso de que la raíz fuera más grande, se utilizó una turbina (NSK, Nakanishi Inc. Japan) con fresa cilíndrica (POINTech Sterile) y se desgastó hasta adaptar la raíz a nivel de la caja. Cuando la raíz era más pequeña que el agujero, se adaptó con cera rosada el diente al agujero dejándolo fijo. De esta forma se dejó a todos los dientes totalmente sujetos y adaptados a la caja plástica.



Figura 25: Adaptación de las Piezas Dentarias en la Caja Plástica (PAC, 2007)

En el interior de la caja se vertió cloruro de sodio al 0,9%, permitiendo que el tercio medio y apical de las raíces se encontraran totalmente sumergidas en la solución y el tercio cervical totalmente seco en la superficie. En la esquina de la caja se colocó el electrodo del ROOT ZX II (J. Morita MFG. Corp, Kioto Japon, Serie # TE 8644, Modelo DP – ZX, Tipo RCM - EX).

### **Medición con el ROOT ZX II de la Longitud de Trabajo**

Se utilizó el localizador apical Root ZX II (J. Morita MFG. Corp, Kioto Japon, Serie # TE 8644, Modelo DP – ZX, Tipo RCM - EX) al que se lo programó, en la memoria número tres, a 0,5 mm del ápice. Medida que se utilizó durante todo el procedimiento.

Se irrigó cada raíz, con una jeringa de insulina, y con 5ml de hipoclorito de sodio al 0,5 % (sustancia que proporciona conductividad dentro de la pieza sin alterar las mediciones electrónicas que se realizarán posteriormente). Utilizando la misma jeringa se retiró los excesos de la solución, dejando cada raíz lo suficientemente húmeda para la medición electrónica.

Para empezar la medición, se introdujo el electrodo contrario del localizador en la esquina de la caja plástica y en base a la medida preoperatoria, se introdujo la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) previamente embadurnada con RC-prep; (Premier Products Company) con el propósito de neutralizar las cargas iónicas dentro del conducto, permitiendo al localizador apical registrar una medida más precisa, sin alteraciones.





Figura 26: Medición Electrónica (PAC, 2007)

Se conectó el gancho del localizador apical a la lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) y se fue introduciendo la lima en el conducto, aplicando la técnica de fuerzas balanceadas (1/4 de vuelta a la derecha, 1/4 de vuelta a la izquierda) y se observó la pantalla hasta que el ROOT ZX II (J. Morita MFG. Corp, Kioto Japon, Serie # TE 8644, Modelo DP – ZX, Tipo RCM - EX) marcara a 0,5 mm del ápice (memoria tres). Este procedimiento se aplicó a cada una de las raíces seleccionadas para este estudio.

Se fijó el tope de caucho al punto de referencia, se extrajo la lima y se midió con una regla endodóncica de dedo (Moyco Union Broach) registrando esta medida en la hoja de resultados.

El cloruro de sodio al 0,9 % fue cambiado cada 38 mediciones con el propósito de que no existieran cargas iónicas, en el caso de que el hipoclorito y/o el quelante pasaran del foramen apical hacia el cloruro de sodio.

### 3.3 Medición Microscópica de la Longitud de Trabajo

Una vez realizada la medición con el ROOT ZX II (J. Morita MFG. Corp, Kioto Japon, Serie # TE 8644, Modelo DP – ZX, Tipo RCM - EX) y la medición radiográfica, se sumergieron las 92 raíces en una tinción de azul de metileno de 0.01 M durante tres horas. Luego de haber transcurrido este tiempo, se las retiró y se las secó con una toalla de papel (Familia) y se procedió a seccionarlas con un disco de diamante de doble luz (Miltex) en la mitad de acuerdo al eje longitudinal trazado anteriormente. El disco de diamante fue cambiado varias veces durante el estudio para mantener la eficacia del corte.

Una vez seccionadas las 92 raíces se las acrilizó para que éstas quedaran fijas. Se utilizó como molde cubetas de hielo con el propósito de que estas tuviesen una base plana para que no se muevan al momento de la medición microscópica. Se colocó aislante de acrílico en cada una de las cubetas y se preparó acrílico transparente de rápido curado. En su fase líquida se colocó en cada cubeta y se esperó hasta que el acrílico estuviese en su fase filamentosa para colocar las raíces y de esta forma evitar que el acrílico ingrese al conducto. Una vez que fraguó el acrílico, se retiró el cubo de acrílico y se verificó que las dos partes de la pieza dentaria se encontraran fijas en el mismo.



Figura 27: Acrilización en Cubetas de Hielo (PAC, 2007)



Figura 28: Modelo Individual de una Pieza Dentaria ya Acrilizada (PAC, 2007)

En base a las mediciones obtenidas con las dos técnicas anteriores, dos operadores realizaron la medición microscópica. Se utilizó un estéreo microscopio (Leica MZ6) con un aumento de 4X que a su vez contenía en su lente una regla de décimas de micra, la cual permitió realizar mediciones exactas y sin distorsiones.

Para realizar la medición microscópica se siguieron los pasos explicados a continuación:

1. Se tomó una lima 10 K (Colorinox Dentsply Maillefer Suiza) y se la midió con la regla de dedo (Moyco Union Broach), a la longitud de trabajo obtenida con el localizador apical de la raíz # 1.
2. A esta lima se la colocó en el surco del conducto radicular de la misma raíz verificando que el tope de caucho se encontrara en el punto de referencia, y se fijó con una gota de cera base rosada en la parte cervical del conducto radicular.
3. Se ubico el CDC de la pieza y se lo puso a nivel del número uno de la regla de décimas de micras, ya incorporada al lente del microscopio.
4. Se midió la distancia existente entre el CDC y la punta de la lima.

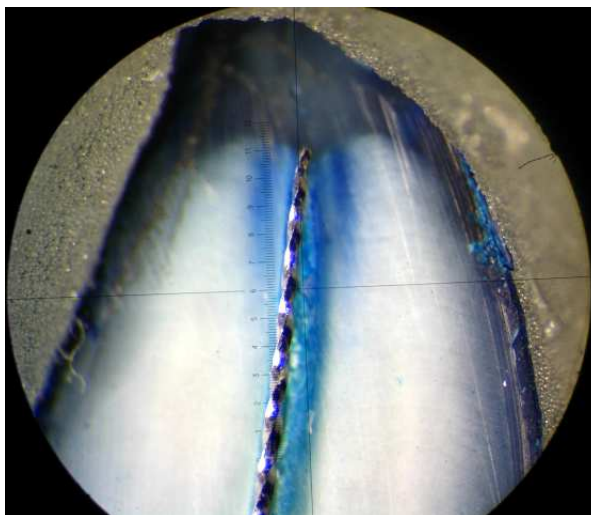


Figura 29: Medición de la Distancia entre el CDC y la Punta de la Lima (PAC, 2007)

5. A este valor, se lo dividió para 40 con el propósito de obtener la medida en milímetros.
6. Con el valor obtenido en el paso anterior, se restó o se sumó, a la distancia obtenida con el localizador apical en la raíz # 1.
7. Se anotó en la hoja de resultados la medida del CDC.
8. Con el valor del CDC se obtuvo la diferencia respecto a la medición obtenida con el método radiográfico.
9. Se retiró la lima del conducto radicular.
10. Se comparó las dos medidas obtenidas, con la radiografía y con el localizador apical, respecto al límite cemento dentina conducto observado microscópicamente y se anotó este valor en la hoja de resultados, con el consentimiento de los dos observadores.
11. Este procedimiento se aplicó en cada una de las 92 raíces utilizadas en este estudio.

## 4. RESULTADOS

En el anexo se describen las medidas de la longitud de trabajo obtenidas en milímetros, de todas las piezas utilizadas en este estudio mediante el método radiográfico, electrónico y microscópico. Las tres últimas columnas nos indican el CDC real y las diferencias entre el método radiográfico y electrónico con respecto a la ubicación real del CDC.

En la medición radiográfica, se tuvieron que realizar 27 correcciones y de las mismas se rectificaron nuevamente 2 correcciones. Pese al criterio de exclusión aplicado en el estudio se descartaron 2 piezas en la medición electrónica debido a que los ápices de las piezas no permitían la lectura del localizador y 1 pieza se perdió. En la medición microscópica se descartaron un total de 13 piezas ya que el CDC no era visible. En total se descartaron 16 piezas quedando una muestra total de 76 dientes.

### 4.1 Análisis Estadístico

En este estudio se realizó el análisis de estadístico con el programa *SPSS Data Editor*. Por medio de este programa, se obtuvo la media y la desviación estándar de la radiografía respecto al CDC (Tabla # 6) y del ROOT ZX II respecto al CDC (Tabla # 7).

**Tabla 6: Estadísticas Descriptivas del CDC & RX**

	Mean	Std. Deviation	N
RX	14,895	2,1069	76
CDC	14,22270	2,032745	76

**Tabla 7: Estadísticas Descriptivas del CDC y ROOT ZX II**

	Mean	Std. Deviation	N
CDC	14,22270	2,032745	76
ROOT	14,893	2,0138	76

Para el análisis de datos se utilizó la prueba no paramétrica de Spearman's en donde se obtuvo la correlación con un coeficiente de significancia bilateral. En la tabla # 8 se pueden ver los resultados de la radiografía respecto al CDC y en la Tabla # 9, del ROOT ZX II respecto al CDC. Comparando los resultados obtenidos se puede ver que existe una diferencia estadística poco significativa de 0.011 entre las dos medidas, siendo superior la del ROOT ZX II.

**Tabla 8: Correlaciones de la RX y CDC**

			RX	CDC
Spearman's rho	RX	Correlation	1,000	,842(**)
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	76	76
	CDC	Correlation	,842(**)	1,000
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	76	76

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

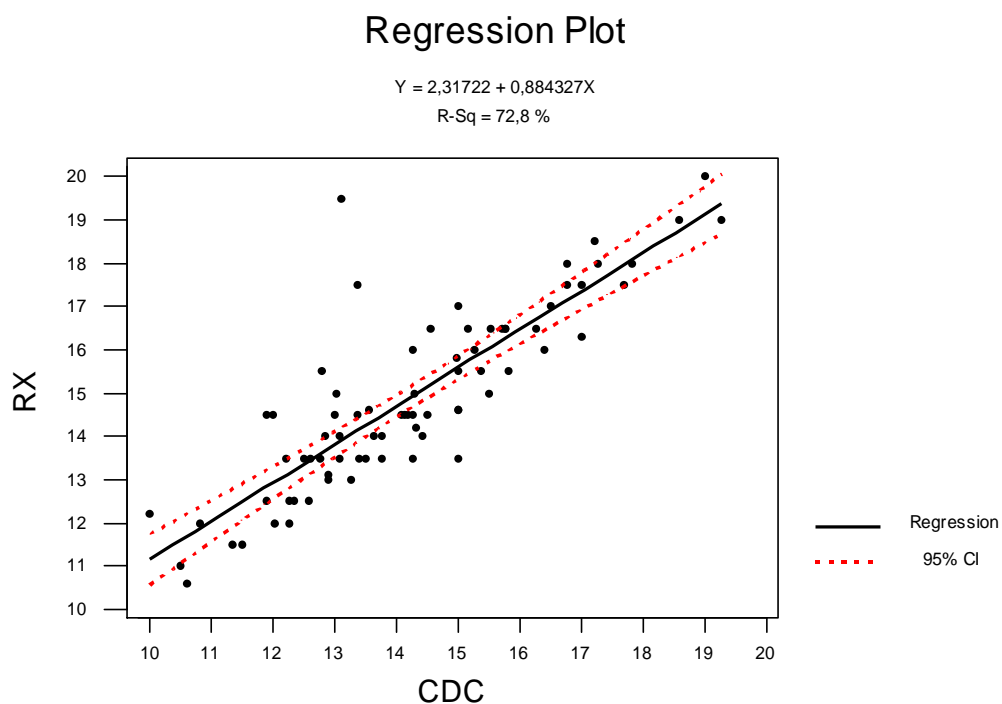
**Tabla 9: Correlaciones del ROOT ZX II y CDC**

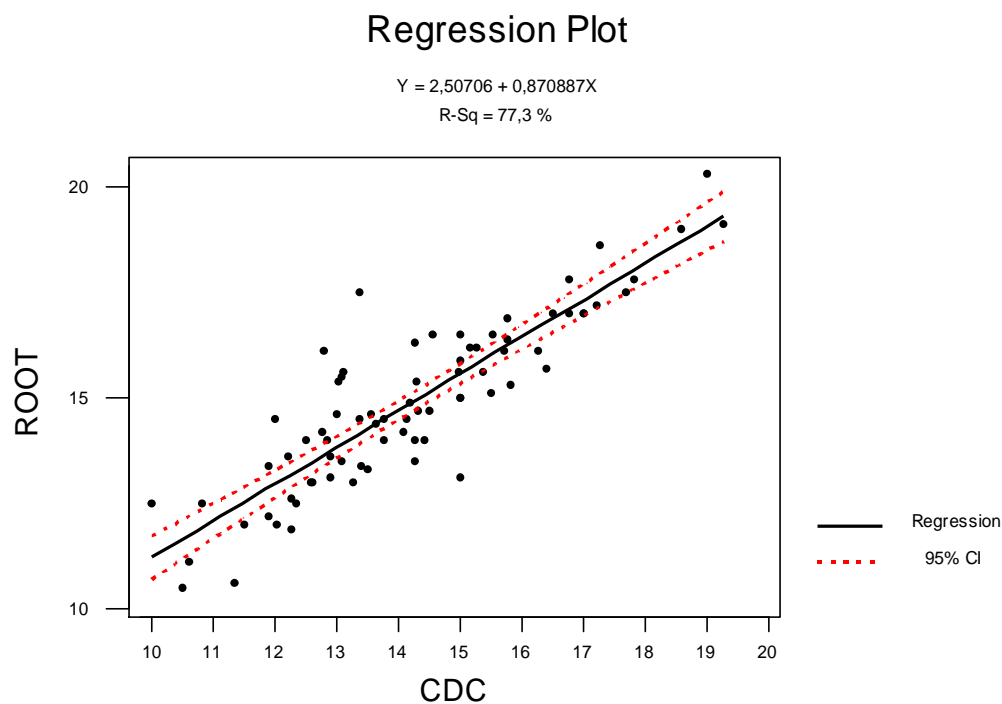
			CDC	ROOT
Spearman's rho	CDC	Correlation	1,000	,853(**)
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	76	76
ROOT	ROOT	Correlation	,853(**)	1,000
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	76	76

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

En el grafico # 1 y # 2 se puede ver los valores obtenidos tanto en las radiografías como con el ROOT ZX II, que en los dos casos, la gran mayoría de los resultados se encuentran dentro de la línea de regresión con un intervalo de confianza del 95 %.

**Grafico 1: Regresión del RX respecto al CDC**



**Grafico 2: Regresión del ROOT ZX II respecto al CDC**

Se obtuvo la diferencia entre la medida obtenida con la radiografía respecto al CDC y la diferencia entre la medida obtenida con el localizador apical y el CDC. La tabla # 10 corrobora que no existe una diferencia significativa entre la radiografía y el localizador apical, siendo el localizador apical más preciso.

**Tabla 10: Estadísticas Descriptivas de las Diferencias entre el ROOT ZX II y la Radiografía****Descriptive Statistics**

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Difroot	76	6,03	-1,90	4,13	,6707	,99524
Difrx	76	7,90	-1,50	6,40	,6720	1,12374
Valid N (listwise)	76					



Realizando una regresión lineal en el programa estadístico *MinTab* se obtuvieron los valores inusuales, es decir, fuera del intervalo de confianza. La tabla # 11 detalla los valores inusuales encontrados en la medición de la longitud de trabajo utilizando el método radiográfico respecto al CDC. Son cinco las piezas dentarias que se entraban fuera de la media, éstas son las piezas número 7, 12, 18, 72 y 75. En el gráfico # 3 se puede ver claramente por medio del gráfico de barras, que la mayoría de los valores que se obtuvieron en el estudio utilizando el método radiográfico se encuentran centralizados. Los valores inusuales se grafican en los extremos y están representados por barras muy pequeñas demostrando así su poca incidencia.

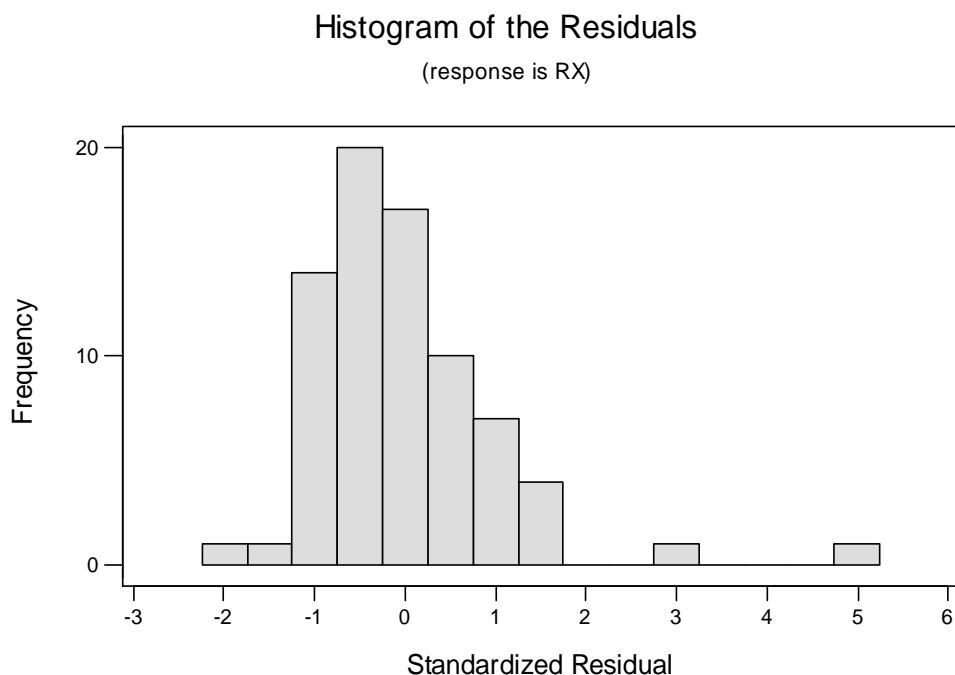
**Tabla 11: Observaciones Inusuales en el Método Radiográfico**

Unusual Observations

Obs	RX	CDC	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
7	17,5	13,375	16,536	0,184	-3,161	-3,30R
12	13,5	15,000	12,695	0,166	2,305	2,39R
18	19,5	13,100	15,478	0,701	-2,378	-3,50RX
72	12,2	10,000	12,049	0,183	-2,049	-2,14R
75	15,5	12,800	15,197	0,168	-2,397	-2,49R

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

**Gráfico 3: Histograma de Residuales del Método Radiográfico**

De la misma forma, la tabla # 12 detalla los valores inusuales encontrados en la medición de la longitud de trabajo utilizando el método electrónico respecto al CDC. Son cinco las piezas dentarias que se entraban fuera de la media, éstas son las piezas número 2, 7, 12, 72 y 75. En el gráfico # 4, se puede observar que de igual manera la mayoría de los valores que se obtuvieron en el estudio utilizando el método electrónico, se encuentran centralizados. Los valores inusuales se grafican en los extremos y están representados por barras muy pequeñas demostrando así su poca incidencia.

**Tabla 12: Observaciones Inusuales en el Método Electrónico**

## Unusual Observations

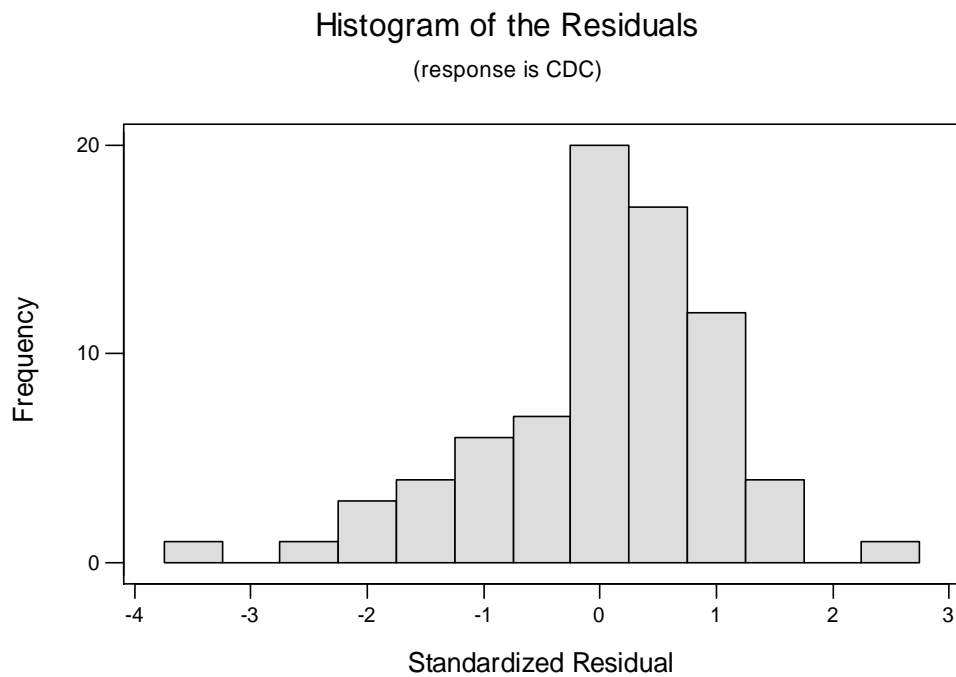
Obs	ROOT	CDC	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
2	20,3	19,000	19,020	0,322	-0,020	-0,02 X
7	17,5	13,375	16,536	0,184	-3,161	-3,30R

12	13,1	15,000	12,631	0,150	2,369	2,46R
72	12,5	10,000	12,099	0,174	-2,099	-2,19R
75	16,1	12,800	15,293	0,131	-2,493	-2,58R

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

**Gráfico 4: Histograma de Residuales en el Método Electrónico**



Hay cuatro valores que coinciden en la medición de la longitud de trabajo tanto en la medición radiográfica como en la medición electrónica, los cuales son las piezas número 7, 12, 72 y 75, lo cual nos indica que tanto la radiografía como el localizador apical dieron una percepción errónea de la longitud de trabajo.

## 5. DISCUSIÓN

Para realizar un tratamiento de conducto y tener éxito en el mismo, es de crucial importancia el determinar correctamente la longitud de trabajo<sup>38, 39</sup>. El presente estudio demuestra que el localizador apical (0,853) tiene un mayor grado de exactitud en el momento de determinar la longitud de trabajo que la radiografía convencional (0,842). Esto concuerda con los datos obtenidos en un estudio de Martínez – Lozano M.A. y colaboradores<sup>40</sup> obtuvo un 67.8 % de éxito en el momento de determinar la longitud de trabajo electrónicamente y un 50.6 % utilizando la radiografía convencional. Se tiene que considerar que en este estudio, a pesar de que el valor obtenido no demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre los dos métodos, la toma radiográfica se la realizó en dientes extraídos y con la técnica de paralelismo. En vivo, obtener una radiografía aplicando la técnica de paralelismo es más complicado si no se utiliza un posicionador, ya que ésta nos puede salir elongada o escorzo, y por lo tanto aumentar aún más el porcentaje de error. El estudio realizado por ElAyouti y Cols<sup>41</sup>., demuestra que la radiografía tiene un 51 % de sobre estimación cuando se obtiene la longitud de trabajo, mientras que el localizador apical Root ZX tiene un 21 %. Sin embargo, el estudio nos demuestra que la técnica de Ingle modificada para este estudio da excelentes resultados en el momento de realizar una conductometría.

Muchos autores consideran que la última generación de localizadores apicales pueden, en muchos casos, reemplazar a la radiografía en el momento de realizar una conductometría<sup>42</sup>. Este estudio no concuerda por completo con esta afirmación, ya que en muy pocos casos el localizador apical llega a determinar en forma exacta el CDC, por lo tanto, es necesaria una radiografía para confirmar la longitud de trabajo. Este aparato

electrónico, no permite que la lima salga fuera del diente, es decir hacia el periapice, pero no determina el CDC. En el estudio, la medida calculada por el ROOT ZX II se encontraba en la mayoría de los casos por encima del CDC, es decir, en el conducto cementario. La cantidad de aposición de cemento que puede tener una pieza dentaria es imposible de determinar, ni con el localizador, ni con la radiografía. Se podría inferir por la edad del paciente y analizando el tipo de oclusión, pero un dato exacto sin realizar la extracción de la pieza y seccionarla, es imposible. Por esta razón Kuttler<sup>43</sup> en 1955, afirma que se debería de determinar la longitud de trabajo entre 1.5 mm a 2 mm del ápice para tener un mayor margen de seguridad, especialmente cuando se utiliza radiografías convencionales para verificar las etapas de tratamiento.

La longitud de cada pieza dentaria es única y por lo tanto la longitud de cada conducto también. Gracias a múltiples estudios, se ha identificado que en la mayoría de los casos la longitud de trabajo se encuentra entre 0,5 mm a 1 mm corto del ápice radiográfico. Las dos medias obtenidas en este estudio, tanto la de la radiografía como la del localizador se diferencian por 0,011 entre sí y indicándonos que la longitud de trabajo se encuentra a 0,6707 mm a 0,6720 mm del ápice radiográfico, según este estudio.

Debido a la aposición de cemento que muchas piezas dentarias presentaron en este estudio, la longitud de trabajo obtenida con la radiografía y con el localizador apical, no se encontró en la unión CDC sino en el conducto cementario ó diámetro menor. A pesar de esto, algunos datos histológicos han demostrado que el ligamento periodontal penetra por el foramen apical y forma parte del tejido pulpar a nivel del diámetro menor<sup>44</sup>. Esta puede ser una de las razones por las que, el localizador apical llega a determinar la longitud de trabajo en el conducto cementario, ya que el ligamento ha llegado solamente hasta el nivel del cemento y no ha llegado al límite cemento dentina conducto. Además, el diámetro menor o constricción apical, puede o no coincidir con el límite cemento dentina conducto.

Debido a que el localizador apical identifica el diámetro menor o constricción apical, el CDC se encuentra en la mayoría de los casos por debajo de la medida obtenida en gran parte de las muestras utilizadas en este estudio. Otros estudios in vitro como el de Volß y Siebenkees<sup>45</sup> han demostrado que los localizadores apicales son capaces de detectar un punto entre la constricción apical y el foramen mayor dependiendo de la resistencia de la dentina. Los localizadores apicales que trabajan con el principio de impedancia son capaces de determinar esta distancia porque existe menor impedancia en la constricción apical y una mayor impedancia en el foramen mayor<sup>46</sup> y de esta forma puede determinar la longitud de trabajo. Muchos autores consideran que los localizadores apicales de doble frecuencia, como el ROOT ZX II, tienen mayor exactitud al momento de determinar la constricción apical que métodos radiográficos<sup>47</sup>.

En el estudio se utilizaron piezas dentarias con conductos únicos los cuales se verificaron radiográficamente. Sin embargo, en el momento de observar en el microscopio con un aumento de 4 X, algunas piezas dentarias poseían aparentes deltas. Esto dificultó las mediciones ya que no se sabía realmente en cuál de los deltas llegó a penetrar la lima en el momento de la conductometría, tanto radiográfica como electrónicamente. Sin embargo, se encontró que el límite cemento dentina conducto se encontraba siempre en el conducto principal. Esto nos lleva a pensar que los sistemas delta, de “tamaño pequeño” podrían estar formados por cemento.

La anatomía apical es muy compleja y el sistema de conductos puede desembocar en cualquier dirección, siendo incierta y única la localización del foramen apical. En este estudio se obtuvieron 10 datos inusuales, 5 en la radiografía y 5 en el localizador apical, que estuvieron alejados del promedio. Los 5 datos inusuales encontrados en la radiografía, se dieron porque el foramen apical de estas piezas desembocaba lateralmente y en el momento de observar en la radiografía, dando la apariencia de estar corta la

conductometría. Al evaluar las mismas piezas con el localizador apical los valores estaban muy por debajo de la medición radiográfica. En estos casos, el localizador apical es totalmente útil y necesario ya que puede valorar al conducto tridimensionalmente, lo que no se puede hacer con la radiografía que superpone las imágenes en dos dimensiones y nos da una idea errónea, y por lo tanto una conductometría incorrecta. Los 5 errores inusuales dados por el localizador apical, se dieron porque los conductos medidos no poseían constricción apical y el localizador apical no pudo identificar bien y dar una medición certera. Este error se pudo identificar en la medición microscópica ya que visualizó la ausencia de constricción debido a que seguramente hubo un desgarre con algún instrumento ú objeto extraño o la constricción era tan leve que el localizador no pudo identificarla. Otra razón puede ser porque el localizador no llegó al punto de equilibrio dando así medidas incorrectas.

## 6. CONCLUSIÓN

En base a los resultados analizados y discutidos en este estudio in vitro, se puede concluir que el localizador apical ROOT ZX II tiene un mayor grado de exactitud en el momento de llegar a determinar el límite cemento dentina conducto que la radiografía convencional. Este estudio nos ha demostrado que tanto la radiografía como el localizador apical tienen limitaciones, como la superposición de imágenes o la ausencia de constricción apical, ya analizadas anteriormente. Sin embargo, la diferencia existente entre los dos métodos utilizados, no es significativa, por lo tanto, para poder llegar a tener más exactitud y comprobar la medición de la longitud de trabajo, se debe de utilizar los dos métodos que son totalmente confiables. En el momento de realizar un tratamiento de conducto y utilizar los dos métodos se ahorraría mucho tiempo al profesional y al paciente, ya que la radiografía vendría a ser la confirmación de la lectura del localizador apical.



## **7. RECOMENDACIONES**

Ya que el localizador apical ROOT ZX II posee tres tipos de memorias a las que se las puede programar, sería interesante realizar el mismo estudio para ver a qué medida acierta más el localizador en el momento de encontrar el límite cemento dentina conducto. Adicionalmente, se podría realizar el mismo estudio con otros localizadores apicales electrónicos, para evaluar entre ellos cuál de éstos tiene un mayor grado de exactitud en el momento de encontrar el límite cemento dentina conducto.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- 
- <sup>1</sup> Pucci F. Anatomía, Patología y Terapia. Vol 1. Editorial Medico – Quirurgica. Montevideo: 1944
- <sup>2</sup> Brau E. et al. “Estudio estereomicroscópico de la morfología apical.” Universidad de Barcelona
- <sup>3</sup> Riccuci et al. “Apical limit of root canal instrumentation and obturation part 2. A histologic study.” *International Journal of Endodontics* **31**; 394-409; 1998
- <sup>4</sup> Cortez, J. Terapéutica en Endodoncia. 1era ed. SantaFé de Bogota: 1999
- <sup>5</sup> Ingle, J. Leif, B. Endodoncia. 4ta ed. McGraw-Hill Interamericana. México DF: 1994
- <sup>6</sup> Kuttler Y. “Microscopic investigation of root apex.” *Jornal of American Dental Association* **50**; 544-52; 1955
- <sup>7</sup> Cohen S. Endodoncia Vías de la Pulpa. Hartcourt; Madrid: 1999
- <sup>8</sup> Hoer. Attin. “The accuracy of electronic working length determination.” *International Journal of Endodontics* **37**; 125-131; 2004
- <sup>9</sup> Grove C. “Why canals should be filled to de dentinocemental junction.” *Journal of the American Dental Association* **17**; 293-6 ; 1930
- <sup>10</sup> Gordon. Chandler. “Electronic apex locators.” *International Journal of Endodontics* **37**; 426 – 437; 2004
- <sup>11</sup> Weine, F.S. Terapia Endodontica Scienza e tecnica dentistica. Edizioni Internazionali; Milano: 183-196
- <sup>12</sup> Nguyen, T.N. “Otturazione del canale radiolare.” In; Cohen S & Burns RC, eds *Clinica e Terapia delle pulpopate*, 2nd edn Padova, Piccin: 131-89
- <sup>13</sup> Taylor, G.N. “Technique per la preparazione e l’otturazione intercanalare.” *La Clinica Odontoiatrica del Nord America* Vol. 20 No 3. Padova, Piccin: 566 – 81
- <sup>14</sup> Frank, A.L. et al. Endodoncia Clínica y Quirurgica. Padova, Piccin: 63-7
- <sup>15</sup> Schilder H. “Filling root canals in threee dimensions.” *Dental Clinics of North America*. Philadelphia & London: WB Saunders C., 723; 1967
- <sup>16</sup> Schilder H. “Canal debridement and disinfection.” In Cohen S & Burns RC *Pathways of the pulp* 2<sup>nd</sup> ed St Louis, USA; C.V. Mosby; 111; 1976
- <sup>17</sup> Pecchioni A. Endodoncia – Manuale di tecnica operativa Milano, I.C.A.; 86 – 104;1983
- <sup>18</sup> Guldener PHA Importanxa della misurazione endodontica In: Guldener PHA & Langeland K. *Endodontologia*. Padova, Piccin: 161 - 70

- 
- <sup>19</sup> Langeland K. "Tissue changes in the dental pulp; An experimental histologic study." Oslo; Oslo Univerity Press; 1957
- <sup>20</sup> Langeland K. "The histopathologic basis in endodontic treatment." *Dental Clinics of North America*. Philadelphia and London: WB Saunders Co., 492 – 520; 1967
- <sup>21</sup> Langeland K. "Tissue response to dental caries." *Endodontics & Dental Traumatology* ; **3**; 149 - 71; 1987
- <sup>22</sup> Langeland K. "Reacción tisular a los materiales de obturación del conducto." In: Gulder PHA, LangelandK. *Endodoncia*. Barcelona, Springer – Verlag Iberica. S.A. 229–42;1995
- <sup>23</sup> Langeland K. "Pulp histology and physiology." In; Cohen s & Burns RC. *Pathways of the Pulp*. St. Louis: CV Mosby, 203 -90; 1976
- <sup>24</sup> Walton et al. Endodoncia Principios y Practica 2<sup>da</sup> ed. McGraw Hill Interamericana México DF: 1996
- <sup>25</sup> Guardo A. Ortodoncia. Editorial Mundi; Buenos Aires: 1981
- <sup>26</sup> Green D. "A stereomicroscopic study of 400 root apices of maxillary and mandibular anterior teeth." *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* **9**; 1224-32; 1956
- <sup>27</sup> Green D. "A stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth." *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* **13**; 728-33; 1960
- <sup>28</sup> Dummer P.M. et al. "The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen." *International Endodontic Journal* **17**; 192-8; 1984
- <sup>29</sup> Stein T.J. et al. "Anatomy of the root apex and its histologic changes with age." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* **16**; 520-2; 1990
- <sup>30</sup> Schneider S. et al. "A comparison of canal preparation in straight and curved root canals." *Journal of Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **69**; 14-17; 1971
- <sup>31</sup> Weine F. Tratamiento Endodontico 5ta Ed. Hartcourt Brace; Madrid: 1997
- <sup>32</sup> Custer C. "Exact methods for locating the apical foramen." *Journal of the Dental National Association* **5**; 815-19; 1928
- <sup>33</sup> Suzuki K. "Experimental study on iontophoresis." *Japanese Journal of Stomatology* **16**; 411-29; 1942
- <sup>34</sup> Sunada I. "New method for measuring the length of the root canal." *Journal of Dental Research* **41**; 375-87; 1962
- <sup>35</sup> "Capacitancia electrica." Buscador google.com www.lasguias METAS.com. s.f.
- <sup>36</sup> "Inductancias." Buscador: google.com. www. Bricopage. com s.f.
- <sup>37</sup> "Frecuncia." Buscador: google.com. www. Definiciones .com. s.f.
- <sup>38</sup> Cohen S. Burns R. Pathways of the Pulp, 7th Ed. St. Louis, MO: Mosby, 209 – 11; 1998
- <sup>39</sup> McDonald N.J. "The electronic determenation of working length." *Dental Clinics of North America* **36**; 293 – 306; 1992

- 
- <sup>40</sup> Martinez-Lozano M.A. "Methodological considerations in the determination of working length." *International Endodontic Journal*. **34**; 371 – 376: 2001
- <sup>41</sup> Elayouti A. et al "The Ability of Root ZX Apex Locator to Reduce the Frequency of Overestimated Radiographic Working Length." *Journal of Endodontics*, 28; 2; 116 – 119: 2002
- <sup>42</sup> Kaufman A.Y. et al. "Accuracy of a new apex locator: an in vitro study." *International Endodontic Journals*, **35**; 186 – 192: 2002
- <sup>43</sup> Kuttler, Y. "Microscopic investigation of root apices." *Journal of the American Dental Association*, **50**; 544 – 52: 1955
- <sup>44</sup> Welk A. et al. "An in Vivo Comparison of Two Frequency-based Electronic Apex Locators." *Journal of Endodontics*, **29**; 8; 497 – 500: 2003
- <sup>45</sup> Volß A. et al. "Experimentelle und Klinische Bewertung der Endometrieferate Apit un Root ZX." *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* **49**; 281 – 4: 1994
- <sup>46</sup> Hör D. Et al "Elektrische Längenbestimmung des Wurzelkanals." *Endodontie* **1**; 39 - 56: 2001
- <sup>47</sup> Kobayashi C. et al. "New electronic canal measuring device base on the ratio method." *Journal of Endodontics*, **3**; 111 – 4: 1994



## ANEXOS

# Pieza	RADIOGRÁFICA				ELECTRÓNICA		MICRO
	Longitud Aparente	Corrección 1	Corrección 2	Longitud final	ROOT ZX	CDC	DI
1	15,5	15,1	-----	15,1	15,5	INMEDIBLE	IN
2	13,5	-----	-----	13,5	13,5	13,075	
3	20	-----	-----	20	20,3	19	
4	17	-----	-----	17	17	16,5	
5	16,5	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	C
6	12	-----	-----	12	11,9	12,25	
7	15	-----	-----	15	15,4	13,025	
8	15	14,5	-----	14,5	14,9	14,175	
9	17,5	-----	-----	17,5	17,5	13,375	
10	17,5	-----	-----	17,5	17,5	17,675	
11	17	16,5	-----	16,5	16,5	15,525	
12	16,5	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	C
13	13	-----	-----	13	13,1	12,9	
14	14	-----	-----	14	14,5	13,75	
15	13,5	-----	-----	13,5	13,1	15	
16	12	-----	-----	12	12,8	INMEDIBLE	IN
17	14,5	14	14,2	14,2	14,7	14,325	
18	16,5	-----	-----	16,5	16,4	15,75	
19	14,5	-----	-----	14,5	13,5	14,25	
20	17,5	18	-----	18	17,8	16,75	
21	15	14,5	-----	14,5	14,6	13	
22	19,5	-----	-----	19,5	15,6	13,1	
23	18	-----	-----	18	18,6	17,25	
24	16	15,5	15,8	15,8	15,6	14,975	
25	16,5	16,4	-----	16,4	16,5	INMEDIBLE	IN
26	17	16,5	-----	16,5	16,9	15,775	
27	19,5	-----	-----	19,5	20,4	INMEDIBLE	IN
28	16	-----	-----	16	16,2	15,275	
29	19	-----	-----	19	19	18,575	
30	18,5	-----	-----	18,5	17,2	17,2	
31	15,5	-----	-----	15,5	15,6	15,375	
32	17,5	18	-----	18	17,8	17,825	
33	18,5	19	-----	19	19,1	19,275	
34	12,5	12	-----	12	12	12,025	
35	17	-----	-----	17	16,5	15	
36	17,5	-----	-----	17,5	17	17	
37	15,5	15	-----	15	15,4	14,3	
38	17,5	-----	-----	17,5	17	16,75	
39	18,1	-----	-----	18,1	18	INMEDIBLE	IN
40	14	13,5	-----	13,5	14,2	12,75	
41	16	16,5	-----	16,5	16,2	15,15	
42	14,5	-----	-----	14,5	14,5	14,125	

43	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	EN
44	14	-----	-----	14	15,5	13,075	
45	17	16,5	-----	16,5	16,1	16,25	
46	14,6	-----	-----	14,6	14,6	13,55	
47	16	-----	-----	16	16,3	14,25	
48	14	-----	-----	14	14,4	13,625	
49	16,5	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	C
50	16,5	-----	-----	16,5	16,1	15,7	
51	16,5	-----	-----	16,5	PERDIO	PERDIO	
52	16,3	-----	-----	16,3	17	17	
53	15,5	-----	-----	15,5	16,3	INMEDIBLE	IN
54	13,5	-----	-----	13,5	13,6	12,2	
55	12,5	-----	-----	12,5	12,2	11,9	
56	12	11,5	-----	11,5	12	11,5	
57	18,2	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
58	12	-----	-----	12	11,6	INMEDIBLE	IN
59	10,5	-----	-----	10,5	13	INMEDIBLE	IN
60	15,5	-----	-----	15,5	15,9	15	
61	16	-----	-----	16	15,7	16,4	
62	14,5	14	-----	14	14	14,425	
63	12	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	EN
64	15,5	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
65	16,7	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	ENDODONCIA	EN
66	14,6	-----	-----	12,5	13	12,575	
67	14,1	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
68	12	-----	-----	12	12,5	10,825	
69	13,5	-----	-----	13,5	13,4	13,4	
70	12,5	-----	-----	12,5	12,6	12,25	
71	14,5	-----	-----	14,5	14,7	14,5	
72	15,5	-----	-----	15,5	15	INMEDIBLE	IN
73	15	15,2	-----	APICE	APICE	APICE	
74	15,5	-----	-----	15,5	15,3	15,825	
75	15	14,5	-----	14,5	14,4	APICE	
76	14	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
77	15	-----	-----	15	15,1	15,5	
78	16,5	-----	-----	16,5	16,5	14,55	
79	11	11,5	-----	11,5	10,6	11,35	
80	14,5	-----	-----	14,5	14,5	13,375	
81	13,5	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
82	11,1	10,6	-----	10,6	11,1	10,6	
83	14,5	-----	-----	14,5	14,2	14,075	
84	10,5	-----	-----	10,5	10,1	INMEDIBLE	IN
85	12,5	-----	-----	14,6	15	15	
86	11	-----	-----	11	10,5	10,5	
87	13,6	13,1	-----	13,1	13,6	12,9	
88	14	-----	-----	14	14	12,85	
89	13,5	-----	-----	13,5	13,3	13,5	
90	12,5	-----	-----	12,5	12,5	12,35	
91	12	-----	-----	12	12,9	INMEDIBLE	IN
92	14	13,5	-----	13,5	13	12,6	
93	11	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA

94	10,5	14,5	-----	14,5	13,4	11,9	
95	11,5	-----	-----	11,5	11	INMEDIBLE	IN
96	13	APICE	APICE	APICE	APICE	APICE	
97	11	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	LUZ CONDUCTO	C
98	12,5	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
99	13,5	13	-----	13	13	13,275	
100	11,4	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CALCIFICADO	CA
101	14,5	-----	-----	14,5	14,5	12	
102	12	12,2	-----	12,2	12,5	10	
103	13,5	-----	-----	13,5	14	14,25	
104	13,5	-----	-----	13,5	14	12,5	
105	12,5	-----	-----	12,5	12,8	INMEDIBLE	IN
106	15,5	-----	-----	15,5	16,1	12,8	
107	13,5	-----	-----	13,5	14	13,75	