

ESCUELA DE  
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD  
DE VALPARAÍSO

CHILE

## **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE TRES LOCALIZADORES APICALES (ROOT ZX®, ROOT SW® Y PROPEX II®)**

Trabajo de investigación requisito para optar al Título de Cirujano- Dentista

**Alumnas:** Daniela González Möller.  
Carolina Ponce Bello.

**Docente Guía:** Prof. Dr. Eduardo Santamaría Muenas.  
Cátedra de Endodoncia.

Valparaíso - Chile  
2010

## DEDICATORIAS

*A todas y cada una de las personas, como mi familia y amigos que siempre estuvieron presentes durante estos años de estudio, brindándome su apoyo, cariño, paciencia, cooperación y comprensión.*

Daniela González Möller.

*A Dios, a mis padres Elizabeth y Luis, por su apoyo incondicional en los momentos buenos y malos, durante todos los años de la carrera y en mi vida, por sus ejemplos de perseverancia y constancia, pero por sobre todo por su gran amor, ya que, sin ellos alcanzar esta meta no hubiese sido posible. A Boris mi novio, por su paciencia y compañía. A mi familia y amigos, por su gran apoyo en este camino.*

Carolina Ponce Bello.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Dr. Ramón Naranjo por proporcionar de manera gratuita su infraestructura y maquinaria de Tomografía Computarizada.
- Prof. Dr. Gastón Zamora por proporcionarnos el Localizador apical electrónico; Root ZX de su propiedad.
- Prof. Dr. Eduardo Santamaría por guiarnos y apoyarnos en nuestro proyecto.
- Dr. Eugenio Avilés por participar en nuestro estudio como Gold Estándar.
- Alan Barraza por entregarnos todo su conocimiento en estadística.
- Marcos Chávez por ayudarnos con la bibliografía y facilitarnos encontrar la información que necesitamos.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
Métodos de detección de la constricción apical.....	5
Localizadores Apicales Electrónicos (LAE).....	7
Generaciones de los Localizadores Apicales Electrónicos .....	7
a. Primera generación.....	8
b. Segunda generación.....	8
c. Tercera generación.....	9
d. Cuarta generación.....	10
Ventajas de los LAE .....	11
Desventajas de los LAE.....	11
Indicaciones de los LAE.....	14
Contraindicaciones de los LAE.....	14
Precauciones.....	14
Criterios de elección.....	14
Características generales de localizadores apicales.....	15
ROOT ZX® .....	15
ROOT SW ® .....	17
PROPEX II ®.....	19
<b>III. OBJETIVOS Y/O HIPÓTESIS.....</b>	<b>21</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>22</b>
1. Diseño Metodológico.....	22
1.1 Tipo de estudio.....	22
1.2 Metodología.....	22
<b>V. MUESTRA .....</b>	<b>37</b>
1. Tamaño.....	37
2. Criterios de Inclusión.....	37
<b>VI. RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>38</b>
1. Variables.....	38
2. Definiciones Conceptuales (DC) y Operacionales (DO).....	38
3. Instrumentos.....	41
4. Elementos de registros.....	41
<b>VII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>42</b>
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
1. Comparación LAEs entre sí mediante test ANOVA.....	43
2. Comparación LAEs entre sí mediante test T Student.....	46

3. Comparación de las longitudes calculadas por la fórmula entre sí.....	47
4. Comparación de las longitudes medidas con el pie de metro vs las longitudes reales de los dientes (LRD) calculadas en la radiografía.....	52
5. Comparación de las longitudes calculadas con el CBCT vs LAEs.....	54
6. CBCT vs fórmula Propex II; Root ZX; Root SW .....	56
7. Capacidades de registro.....	57
<b>IX. DISCUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>X. SUGERENCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>XI. LIMITACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>XII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>XIII. RESUMEN .....</b>	<b>68</b>
<b>XIV. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>69</b>
<b>XV. ANEXOS.....</b>	<b>73</b>
ANEXO 1.....	73
ANEXO 2.....	77
ANEXO 3.....	80
ANEXO 4.....	81
ANEXO 5.....	82
ANEXO 6.....	86
ANEXO 7.....	88
ANEXO 8.....	92

## **I. INTRODUCCIÓN.**

El tratamiento de endodoncia es un proceso que se basa, principalmente, en la exactitud de diferentes mediciones y en la minuciosidad de los diferentes pasos que conforman su accionar. Sin embargo, a diferencia de muchos tratamientos odontológicos, la endodoncia es una especialidad que se enfoca, esencialmente, en cálculos y en la sensación táctil del tratante, debido a que es imposible obtener una visión clara del o los conducto(s) radicular(es) por lo que se hace necesario el empleo de diferentes métodos auxiliares para lograr una percepción visual indirecta del conducto donde se trabaja.

Uno de los pasos principales dentro del tratamiento endodóntico, corresponde a la determinación de la longitud de trabajo. De lo anterior, depende el punto exacto hasta donde se realizará la limpieza y el tallado del conducto, su irrigación y su obturación, es decir, es un punto crítico, que determinará el éxito o futuro fracaso del tratamiento. Si no se logra, la eliminación completa de los desechos intra-conducto no se obtendrá un exitoso tratamiento, o bien si la obturación no logra una longitud adecuada, este proceso no será efectivo y traerá probablemente un fracaso en la endodoncia realizada.

A través de los años, la tecnología ha creado diferentes instrumentos para facilitar la realización de este tratamiento. Los localizadores apicales se han transformado en un adelanto tecnológico que ayuda en forma categórica en la localización de la constricción apical, indicando el punto exacto hasta donde debemos trabajar, lográndolo de forma menos invasiva y con mayor rapidez que el método comúnmente empleado: radiografías.

Existen diferentes tipos de localizadores apicales, los cuales se han ido mejorando a través de los años. Sin embargo, es sumamente importante establecer la forma adecuada de su empleo, ya que esto nos permitirá lograr una mayor eficacia en su funcionamiento, obteniendo tratamientos más exactos, precisos y en un menor tiempo; es decir más eficientes.

Es por este motivo que nos cuestionamos ¿Cuál localizador apical electrónico (Root SW, Root ZX o Propex II) es el más efectivo en la determinación de la constricción apical para así obtener una correcta longitud de trabajo del conducto radicular?

## II. MARCO TEÓRICO.

El tratamiento endodóntico tiene como propósito lograr una buena limpieza y tallado de los conductos radiculares, dependiendo su éxito de la determinación precisa de la longitud del conducto radicular para lograr una preparación biomecánica adecuada (López, F. 2004). Este tratamiento se lleva a cabo mediante instrumentos como limas y extractores pulpares, entre otros, los que ayudados de una copiosa irrigación, eliminarán los residuos radiculares.

Considerando lo anteriormente expuesto, se procede a realizar el tratamiento endodóntico, el cual se divide en las siguientes etapas, después de realizada la apertura cameral:

1. Crown down o preparación de los 2/3 coronarios del conducto radicular. Puede utilizar fresas Gates Glidden o limas H.
2. Conductometría, se define como la **distancia entre un punto de referencia coronal y otro en el ápice radicular del diente; constricción apical** (López, F. 2004). Consiste en medir la longitud del conducto radicular para así obtener una correcta longitud de trabajo. Se puede determinar con diferentes métodos como los propuestos por Ingle o Bregman. Actualmente, se prefiere utilizar localizadores apicales electrónicos (LAE), los cuales aportan con mayor exactitud la localización del ápice radicular.
3. Preparación Biomecánica (PBM) o Instrumentación; consiste en la preparación del 1/3 apical del conducto.
4. Medicación, en casos de necropulpectomía o re-tratamientos.
5. Obturación radicular: sellado tridimensional del conducto radicular. Existen varias técnicas, pero en su mayoría todas éstas utilizan gutapercha y algún cemento sellador como Apexit (cemento en base a hidróxido de calcio) y cemento de Grossman (en base a óxido de zinc-eugenol) entre otros.
6. Control y seguimientos; sin duda, una fase relevante del tratamiento endodóntico, con la cual, determinamos el éxito o fracaso del mismo.

Para nuestro desempeño como clínicos, la conductometría es fundamental, pues lograr determinar la longitud del diente y la longitud de trabajo son uno de los principales retos del tratamiento endodóntico, ya que, nos dice qué tanto deben avanzar los instrumentos de trabajo y en qué punto debe terminar la preparación y obturación final de los conductos radiculares (Martínez, 2001 citado en Ochoa & Jiménez, 2006).

Por lo tanto, lo más importante dentro de la endodoncia es el conducto radicular o también denominado conducto dentinario, el cual se inicia en el piso cameral y termina en la constricción apical (CDC). Este conducto radicular se divide en una zona dentinaria y una cementaria. La porción dentinaria, es aquella que se encuentra en dentina, teniendo forma cónica. Su mayor diámetro se encuentra en la unión con la cámara pulpar y el menor diámetro, en la zona donde se une con la porción cementaria. Esta última porción, denominada también conducto cementario, es una estructura que

mide desde medio mm a 3 mm y que posee una forma cónica invertida, encontrándose su vértice en la unión con la porción dentinaria del conducto. Este, se encuentra conformado después de 3 a 5 años de erupción del diente. (Apuntes de clase Cátedra Endodoncia II código ODO 404, 2007).

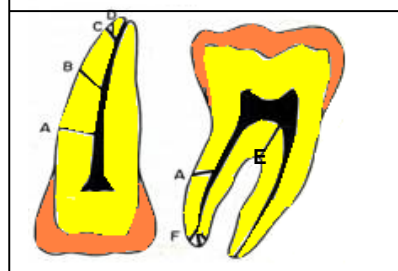
A la vez, esta porción presenta un proceso fisiológico de aposición de cemento para compensar el desgaste ocasionado con la masticación. No obstante, en ciertas ocasiones existe una excesiva aposición, generándose una hipercementosis con lo cual el conducto cementario queda de un tamaño mayor al inicial, variando la localización de la constricción apical, encontrándose más alejada del ápice radicular. (Apuntes de clase Cátedra Endodoncia II código ODO 404, 2007).

El conducto radicular no es una estructura recta, por lo que se clasifica de la siguiente forma según Pucci (Pejoan, 2007) (ver Figura 1<sup>1</sup>.)

- **Lateral:** ramificación que va desde el conducto principal al periodonto, por lo general por encima del tercio apical.
- **Secundario:** canal que derivando del principal a nivel del tercio apical, alcanza directamente la región periapical.
- **Accesorio:** conducto que deriva del interior, para terminar en la superficie del cemento.
- **Colateral:** conducto que tiene una trayectoria casi paralela al principal y puede alcanzar la región periapical de manera independiente.
- **Delta apical:** numerosas terminaciones del conducto radicular principal que determina la aparición de foraminas múltiples en sustitución del foramen único.
- **Cavo inter-radicular:** ramificación observada a nivel del piso de la cámara pulpar.

**Figura 1:**

A: Conducto Lateral  
 B: Conducto Oblicuo  
 C: Conducto Secundario  
 D: Conducto Accesorio  
 E: Cavo inter - radicular  
 F: Delta Apical



Es importante tener en claro, que mediante la conductometría se busca determinar la localización exacta del CDC, el cual, es considerado la zona de menor diámetro dentro del conducto principal (midiendo entre 210 a 223  $\mu\text{m}$ ). Desde esta zona, el conducto se ensancha hasta obtener un diámetro mayor o también denominado foramen apical, el que, corresponde a la apertura final del conducto radicular (Pejoan, 2007). De igual forma, se debe indicar que el foramen apical no está siempre localizado en el ápice anatómico del diente (Bernardes, 2007).

<sup>1</sup>Según Escalante, E. [en línea]

<[http://odontologia.iztacala.unam.mx/instrum\\_y\\_lab1/otros/COLOQUIOXIX/contenido/oral/comp\\_radiografica\\_dw2.html](http://odontologia.iztacala.unam.mx/instrum_y_lab1/otros/COLOQUIOXIX/contenido/oral/comp_radiografica_dw2.html)> [consulta: 7 de Octubre del 2009].

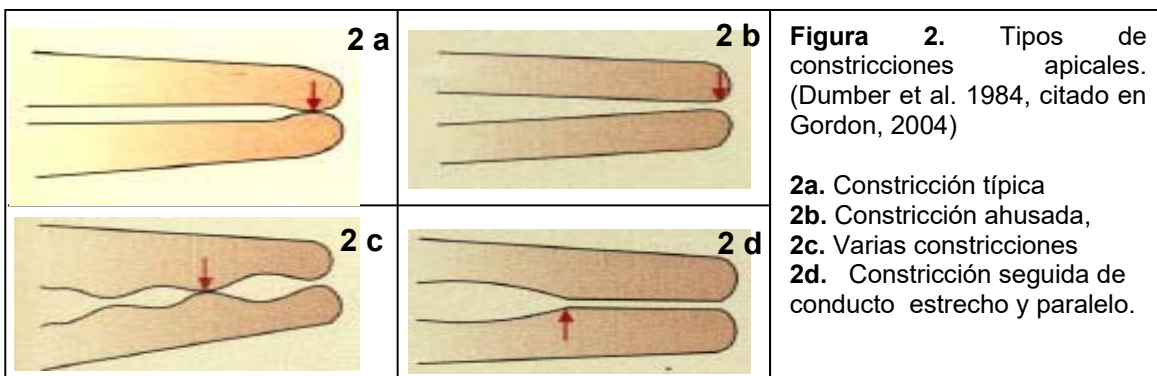
El CDC es considerado la marca anatómica e histológica donde el ligamento periodontal comienza y termina la pulpa (Grove, 1931 citado en Plotino, 2006). Esta zona, marca el límite para realizar la PBM, encontrándose a una distancia entre 0,5 a 1 mm del foramen apical, correspondiendo anatómicamente a la unión cemento dentina. (Apuntes de clase Cátedra Endodoncia II código ODO 404, 2007).

Si se traspasa el CDC, nos introduciremos en el conducto cementario, lugar donde se encuentra el **muñón pulpar**, el que corresponde al tejido pulpar que se encuentra en la porción cementaria del conducto. Este tejido, en dientes vitales, al mantenerse en su posición y sin ser extirpado, impide la extrusión del material de obturación hacia los tejidos periapicales favoreciendo la cicatrización. En dientes no vitales, al mantener este muñón pulpar, el tejido necrótico de la porción apical será removido por la circulación periodontal y por una reacción de cuerpo extraño (Apuntes de clase Cátedra Endodoncia II código ODO 404,2007).

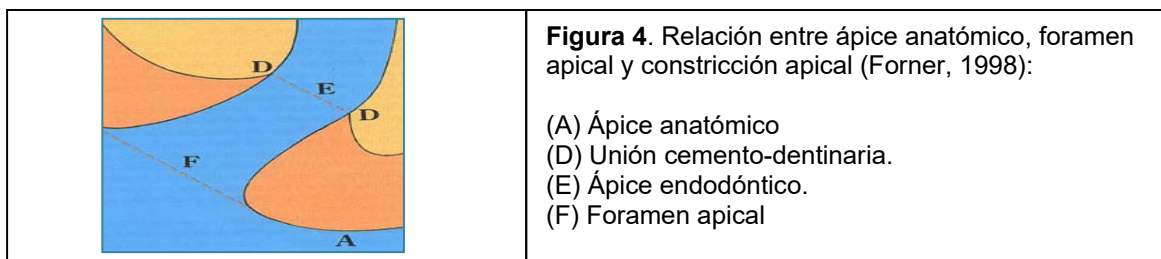
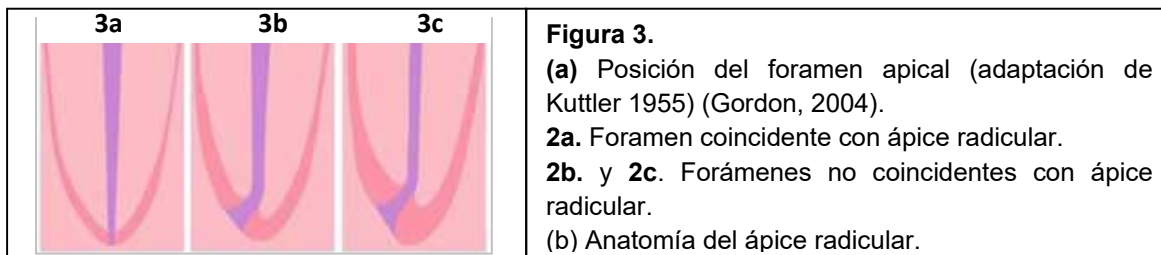
El CDC, también, es muy variable, lo que transforma a la determinación de la longitud de trabajo (LT) en un gran desafío, asimismo, no puede ser detectado radiográficamente (Stein et al.1990 citados en Ventury & Breschi, 2007) pues, lo que se observa en las radiografías, es el ápice radiográfico, el que corresponde a la zona más distal o final de la raíz en la imagen radiográfica. Además en el estudio realizado por Lee se encontró que el 50% de los dientes evaluados no tenían un CDC distinguible (Lee, 2002 citado en Guise 2010), siendo por lo tanto la constricción una marca histológica y no morfológica. (Kuttler, 1955 citado en Guise 2010)

Al existir una gama variada, en relación a la anatomía apical, es que las constricciones apicales se han clasificado de acuerdo a sus características en: (Ochoa &Jiménez, 2006).

1. Constricción típica (Figura 2a).
2. Constricción ahusada con la porción más estrecha cerca del ápice (Figura 2b).
3. Varias constricciones (Figura 2c).
4. Constricción seguida de un conducto estrecho y paralelo (Figura 2d)
5. Completo bloqueo del conducto por dentina secundaria.



Actualmente, no se ha logrado generar un método capaz de localizar con exactitud el CDC. Esto es relevante, ya que, el ápice anatómico puede coincidir o no con el foramen apical y generalmente, el foramen se desvía del foramen mayor, siendo la distancia entre el ápice anatómico y el foramen de 0.5 - 1.0 mm (Figura 3 y 4).



### Métodos de detección de la constricción apical.

Diferentes mecanismos se han empleado para lograr determinar de forma precisa y eficaz, la longitud de trabajo del o los conductos, siendo los métodos más conocidos para establecer la longitud de trabajo (LT):

1. El uso de radiografías convencionales o electronicas (Stein & Corcoran, 1992 citados en Plotino, 2006).
2. Promedios anatómicos y conocimientos de anatomía (Green, 1960, Burch&Hulen, 1972 citados en Plotino, 2006).
3. Sensación táctil (Seidberg et al., 1975; Chandler & Bloxham, 1990 citados en Plotino, 2006).
4. La humedad en un cono de papel (Ruddle, 2002 citados en Plotino, 2006).
5. Localizadores apicales, cuyo empleo ha ido creciendo exponencialmente.
6. Interpretaciones de la sensibilidad del paciente y métodos electrónicos (Pomés, 2001).
7. Para uso exclusivo de nuestra investigación se empleó la Tomografía computarizada o CBCT (ver Anexo 2), sin embargo este no es de uso habitual en endodoncia.

Siempre necesitaremos de diversas radiografías, una previa o de estudio, otra para determinar LT, una para la conometría o control de pre-obturación y finalmente

una de control de obturación. Además de radiografías posteriores, con las que realizaremos los controles postoperatorios de protocolo (Pomés, 2001).

Cada uno de estos métodos presenta desventajas, así por ejemplo, las radiografías están sujetas a distorsión y magnificación, además de ser técnicas sensibles en cuanto a exposición e interpretación (Stein & Corcoran, 1992 citados en Plotino, 2006). Además la radiografía proporciona una imagen virtual bidimensional de una estructura tridimensional, por lo que no es una real representación (Pratten & McDonald, 1996 citados en Plotino, 2006).

Para solucionar el problema de bi-dimensionalidad de las radiografías existe la tomografía computada de haz cónico, sirviéndonos para la evaluación de hueso esponjoso, ligamento periodontal, lámina dura, esmalte, dentina y pulpa (Lugo, 2009). Sin embargo, este sistema no se emplea para la localización de la construcción apical, siendo una de las causas su alto costo.

También se menciona que la distancia entre la terminación apical del conducto radicular y el ápice radiográfico podría variar según la forma del ápice y la angulación del haz de rayos X al eje longitudinal del diente (ElAyouti, 2005).

Otros problemas que se suman, y por los que muchas veces debemos repetir radiografías son: el posicionamiento de la película, la angulación adecuada del rayo central, los problemas del revelado o de interpretación en los equipos de computación, etc. (Pomés, 2001).

En otras ocasiones, nos enfrentamos a conductometrías difíciles de interpretar, donde es engorroso visualizar no sólo los ápices, sino que también, los extremos de los instrumentos que hemos colocado dentro de los conductos. Muchas veces, debemos lidiar con estructuras anatómicas que se sobre-proyectan en el área que queremos visualizar, tal es el caso del malar, el seno maxilar, etc. (Pomés, 2001).

En la mayoría de las experiencias clínicas del uso de promedios anatómicos, conocimientos de anatomía y sensación táctil son una muestra poco confiable y subjetiva para marcar las diferencias intra-sujetos (intra-conductos) (Seidberg et al., 1975; Chandler & Bloxham, 1990 citados en Plotino, 2006) (Ver Anexo 3).

El desarrollo de localizadores apicales ha ayudado a la evaluación de la longitud de trabajo de forma más precisa y predictiva (Pratten & McDonald, 1996; Fouad & Reid, 2000; ElAyouti, 2002 citados en Plotino, 2006). Además, si es utilizado con radiografías apropiadas, permite mayor precisión en la determinación de la longitud de trabajo (McDonald, 1992; Stein & Corcoran, 1992; Pratten & McDonald, 1996; Hoer & Attin, 2004 citados en Plotino, 2006).

A pesar de lo mencionado anteriormente, la determinación radiográfica corresponde al método tradicionalmente empleado y aceptado para la determinación de la conductometría, la cual se realiza con un instrumento endodóntico (generalmente una lima K) dentro del conducto radicular, hasta un punto a 0.5 o 1.0 mm antes del ápice radiográfico. Debido a que la constricción apical está (en promedio estadístico) a 1 mm del ápice radiográfico, la cual puede variar entre 0 y 3 mm (Hor, 2005). Otros autores sugieren sustraer de 2 a 3 mm para compensar la distorsión radiográfica (López, F. 2004). Estas diferencias radiográficas sugieren que la longitud de trabajo es una medición tremendamente arbitraria (Hor, 2005).

### **Localizadores Apicales Electrónicos (LAE).**

Debido a la arbitrariedad del método tradicional, actualmente se sugiere utilizar los LAEs, que tienen como propósito, la ubicación exacta del ápice radicular de manera más precisa y menos invasiva para el paciente. Cuando estos dispositivos son utilizados correctamente y se cuenta con la experiencia en su manejo, son un método fiable y confiable para detectar la constricción apical.

Cabe mencionar que los localizadores apicales electrónicos modernos pueden determinar la posición de la constricción apical dentro del conducto a 0,5 mm del foramen apical en más del 90% de los casos (Frank & Torabinejad, 1993; Czerw et al., 1995 citados en Venturi & Breschi, 2007).

Los factores que pueden influir en la exactitud de los localizadores apicales para determinar la constricción apical son (ElAyouti, 2005).

1. Anatomía del conducto
2. Tamaño del foramen apical
3. Tipo y tamaño de la lima de medición
4. Irrigante
5. Electro-conductibilidad de la pulpa

### **Generaciones de los Localizadores Apicales Electrónicos.**

Al ser los localizadores apicales dispositivos tecnológicos, se han ido creando diferentes tipos, los cuales presentan un funcionamiento con una base en común, pero que a través de los años se ha ido perfeccionando para lograr un mejor funcionamiento y eficacia, lo que se busca es perfeccionar las deficiencias que no permiten una determinación de la constricción apical realmente efectiva en el medio oral.

Actualmente se conocen cuatro generaciones de localizadores apicales (ver Anexo 4), las cuales presentan las siguientes características:

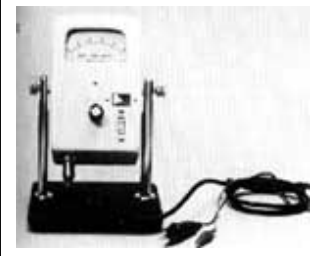
### a. Primera generación.

Hace más de cincuenta años Suzuki el año 1942 descubrió que la resistencia eléctrica entre un instrumento dentro del conducto radicular y un electrodo aplicado a la mucosa oral, registraba valores consistentes en cualquier porción del ápice entre 39 a 41mA, con una variación mínima. De este modo se crearon los localizadores apicales de primera generación como el Exact - apex®, Root Canal Meter® (ver Figura 5), Endo Radar; también eran llamados localizadores de tipo resistencia (López, J. 2007).

Sunada el año 1962 introduce un método electrónico para medir la longitud del conducto radicular. El principio de este aparato consiste, en que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, tienen un valor constante que se puede medir en cualquier lugar del periodonto, sin importar la edad del paciente ni la forma o tipo de diente.

Como resultado, se desarrollaron un número de instrumentos para su uso como ayuda clínica en la localización del ápice. Sin embargo, se reconoció que los contaminantes húmedos en el conducto eran factores adversos para el desempeño confiable y que éstos tenían que estar secos, por tanto prácticamente limpios y, como se deduce, parcialmente instrumentados (López, J. 2007).

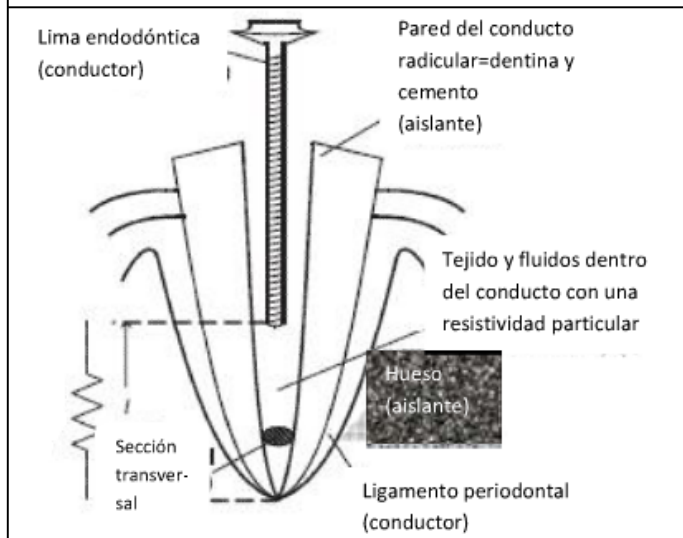
**Figura 5.** Root Canal meter; extraída de Caviedes, 2006



### b. Segunda generación.

Debido a las limitaciones que presentaron los de primera generación, en los años siguientes, algunos estudios cuestionaron la posibilidad de obtener una localización exacta del ápice en presencia de fluidos conductivos en el conducto o en presencia de forámenes apicales anchos o inmaduros, apareciendo en el año 1983, gracias a los estudios realizados por Ushiyama (López, J. 2007), los localizadores de segunda generación o de tipo impedancia. Los localizadores apicales de esta generación basan sus mediciones, en la diferencia que existe entre la carga eléctrica de los tejidos del ligamento periodontal y

**Figura 6.** Esquema del funcionamiento del LAE con el principio de impedancia (Nekoofar, 2006).



cualquier otro punto del interior del conducto, lo cual es conocido como **impedancia** descrito por Hasegawa et al. el año 1985, como: «se induce resistencia eléctrica (impedancia) cuando existe un pequeño tubo y una perforación hecha de material aislante en un electrolito. Entre más largo y más pequeño sea el tubo, mayor se vuelve la resistencia». Sus unidades son los Ohmios mecánicos **N\*seg/m<sup>9</sup>** (López, J. 2007).

El principio por el cual operan estos localizadores (ver Figura 6), consiste en que el diente simplemente se vuelve un tubo hueco largo, de pequeño diámetro con baja resistencia en la porción coronal, y un alto valor de resistencia en la región apical. Al final del tubo, que corresponde al extremo del diente, hay una fuerte disminución en el valor de la resistencia inducida. El extremo del tubo es el análogo del foramen apical. Al utilizar una lima, su punta es infinitamente pequeña en comparación con el área total de la lima. Esto permite la detección de la impedancia inducida por un tubo, incluso en presencia de soluciones electro-conductivas (López, J. 2007).

Por lo tanto, hablando clínicamente, los LAE basan su funcionamiento en que los tejidos blandos orales conducen la electricidad con relativa facilidad, no así los tejidos duros, que tienden a resistir paso de una corriente eléctrica y por lo tanto, actúan como aislantes. De esta manera, si por un lado, tenemos un electrodo colocado en el labio y por otro lado, un electrodo en el diente a examinar, al activar el sistema del LAE, tendremos el paso de una corriente alterna muy pequeña entre los dos electrodos.

Al comenzar, si tocamos con la lima una cavidad coronaria, los valores de impedancia serán muy altos; pero al ingresar al interior del conducto, primero al tercio cervical, luego medio, etc., los valores de impedancia irán disminuyendo progresivamente. Finalmente, cuando la lima toque a través del conducto el periodonto apical, los valores caerán bruscamente ya que se habrá cerrado el circuito entre la mucosa oral y el periodonto apical (Pomés, 2001).

Inoue el año 1971 desarrolló el Sono-Explorer® (Electro-Dent Inc., Cherry Hill, NJ) (López, J. 2007). Mientras que Hasegawa el año 1979 presentó el Endocater® (Hygienic Corporation, Akron, OH). Este utilizaba limas aisladas especiales con una corriente de alta frecuencia. Sin embargo, la desventaja de utilizar estos instrumentos, era que las limas aisladas tienden a obstruirse antes del foramen apical en los conductos no instrumentados (López, J. 2007).

### c. Tercera generación.

En los años noventa del siglo pasado, surgió la tercera generación de los LAE, o de doble frecuencia, pues miden la impedancia a dos frecuencias eléctricas diferentes (López, F. 2004). Utilizando una corriente alterna para la medición.

**Figura 7.** Endex®; extraída de Ochoa y Jiménez, 2006.



Yamashita en 1984 desarrollo el Endex® (ver Figura 7), un aparato que calculaba las diferencias entre dos impedancias a partir de dos frecuencias distintas (1KHz y 5KHz) y generadas a partir de una misma fuente de poder. Este aparato puede hacer una medición precisa de la longitud del conducto radicular, incluso si hay un electrolito fuerte dentro del mismo (López, J. 2007) como hipoclorito de sodio, sangre, agua, anestésico local y/o tejido pulpar.

Kobayashi et al. en 1991 reportaron el “método proporcional” para medir la longitud del conducto radicular creando el Root ZX® (ver Figura 8). El método proporcional mide simultáneamente la impedancia de dos frecuencias diferentes transmitidas desde el instrumento de sondeo. De este modo, el LAE determina la localización de la constricción del ápice bajo el concepto de impedancia eléctrica, determinando la diferencia entre las dos frecuencias y calculando el cociente de las impedancias, expresando este cociente como una posición del electrodo (lima) dentro del conducto radicular. En la parte coronal del conducto se presenta una mínima diferencia entre estas dos frecuencias, pero al ir ingresando la sonda en el conducto esta diferencia aumenta y logra su valor máximo en el CDC.

**Figura 8.** Root ZX®; extraída de Ochoa y Jiménez, 2006.

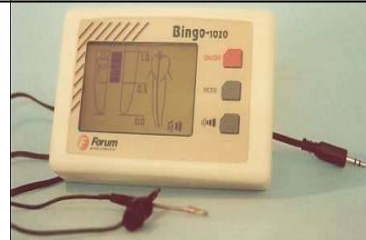


La casa fabricante que pueden utilizarse limas endodónticas finas sin la necesidad de pre-calibrar los circuitos antes de localizar los forámenes apicales. Se supone que la medición es fuertemente afectada por la condición eléctrica dentro del conducto se puede realizar en conductos secos sin ninguna calibración. En un estudio, Shabahang determina que la tasa de precisión clínica era de 96.2% en la localización de ápice con el Root ZX® (López, F. 2004).

#### **d. Cuarta generación.**

Estos dispositivos al igual que los LAE de tercera generación miden la impedancia, sin embargo toma las mediciones de resistencia y capacitancia (partes básicas de la impedancia, que combinadas resultan en impedancia) de forma separada y los compara con una base de datos para determinar la distancia del ápice del conducto radicular. Esto emplea una onda compuesta de 2 señales de 0,5 y 4 KHZ (Gordon y Chandler, 2004 citados en Plotino, 2006).

**Figura 9.** Bingo 1020®; extraída de Ochoa y Jiménez, 2006.



La medición directa de la resistencia y la capacitancia elimina la posibilidad de error inducido (Tselnik et al. 2005 citados en Plotino, 2006). Estos LAE, emplean de igual forma frecuencias múltiples, pero a diferencia de los de tercera generación no las

emplean de forma simultanea si no que de una por vez. Esto incrementa la precisión de la medición (Kaufman, 2002).

Dentro de esta generación destacan el Bingo 1020® (Foru, Engineering Technologies, Rishon Lezion, Israel) (ver Figura 9), Raypex®4, Propex II® y el Apex Pointer.

**En síntesis** podemos señalar que:

- a. Los de primera generación basan su funcionamiento en la medición de la resistencia entre 2 electrodos, encontrando de este modo la localización de la constricción apical dentro del conducto.
- b. Los de segunda y tercera generación emplean la impedancia como factor de medición, siendo la diferencia entre ambos, que los de tercera generación emplean múltiples frecuencias.
- c. Los de cuarta generación, que corresponden a la última existente, funcionan midiendo impedancia, pero realizando mediciones a sus partes básicas de la de forma separada.

**Ventajas de los LAE** (Pomés, 2001).

- Reducción de las exposiciones a radiación por radiografías.
- Mayor discernimiento en la detección de longitud en dientes multirradiculares.
- Mayor exactitud en la determinación de la longitud de trabajo
- Diagnóstico temprano de perforaciones, de cracks en la pared del conducto o piso de cámara
- Mayor rapidez.

Los localizadores apicales con frecuencia múltiple muestran un accionar más preciso, especialmente con sustancias conductoras de electricidad dentro del conducto (Pratten & McDonald, 1996; Dunlap et al. 1998 citados en Venturi & Breschi, 2007).

A diferencia de las radiografías, los localizadores apicales no dan pie a una interpretación subjetiva, pues indican la posición de la constricción de una forma más objetiva, que es el sonido e imagen, impidiendo diferentes puntos de vista e interpretaciones en sus resultados.

**Desventajas de los LAE.**

**a. Falsas lecturas.**

- Restauraciones metálicas, coronas, o restos de amalgama en el interior de la cámara.
- Exceso de líquido conductor, como el hipoclorito en el interior de la cámara
- Un crack, perforación de la raíz o piso de cámara pulpar, harán que el instrumento toque el tejido blando.

- Ápices inmaduros, es decir abiertos, obviamente, no tienen un área CDC (constricción apical) definida.

**b. Lecturas negativas.**

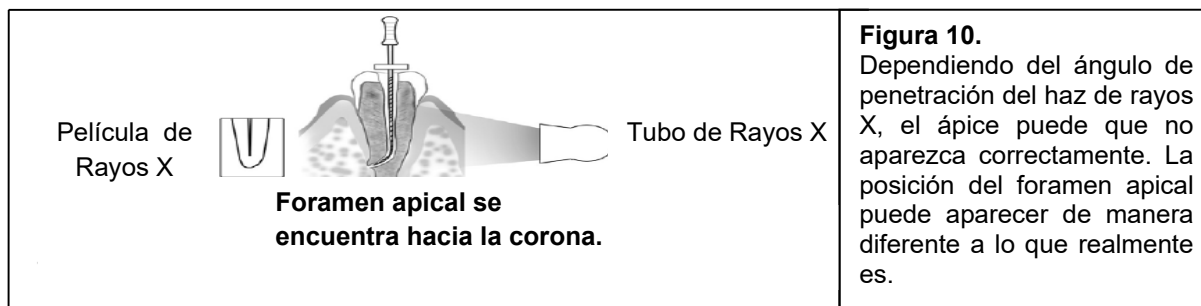
- En dientes anquilosados, al no existir periodonto apical, ni tejido blando que complete el circuito.
- Conductos extraordinariamente finos.
- Conductos no permeables a nivel apical.
- Ocasionalmente algunas patologías apicales.

La gran desventaja de los LAE que emplean corriente alterna, fue que para la precisa localización del foramen apical, requieren que el conducto este libre de material conductor de electricidad (Ushiyama et al., 1988; Ushiyama, 1983 citados en Venturi & Breschi, 2007).

La principal deficiencia de la primera y segunda generación de localizadores apicales corresponde a las lecturas erróneas en presencia de electrolitos (Plotino, 2006).

En general los localizadores apicales, presentan un costo elevado, en relación a los demás métodos empleados que necesitan un aporte económico de menor magnitud.

Necesitan de un método auxiliar, específicamente de la radiografía, como medio de verificación, por lo que una lectura correcta del LAE podemos determinarla como inexacta debido a las distorsiones radiográficas, como por ejemplo cuando el foramen apical y el ápice real anatómico no se corresponden exactamente. El foramen apical real puede estar localizado más hacia la corona. En estos casos, la imagen de rayos X parece indicar que la lima no ha alcanzado el ápice (ver Figura 10), Instrucciones operacionales del Root ZX II de J. Morita MFG. Corp.



Además existen características tanto del conducto dentinario, de la corona y de los tejidos adyacentes que no nos permitirán obtener una medición exacta (Instrucciones operacionales del Root ZX II de J. Morita FG. Corp):

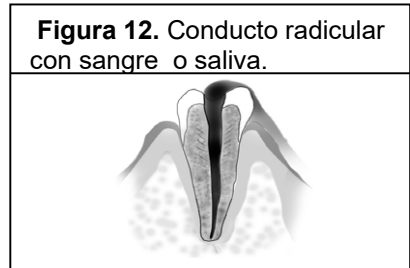
**1. Conducto radicular con un gran foramen apical (Figura 11).**

Los conductos radiculares que poseen un foramen apical excepcionalmente grande, debido a una lesión o desarrollo incompleto, no pueden ser medidos con precisión y los resultados se muestran como una medida menor a la longitud real.



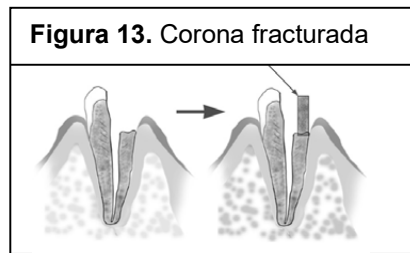
**2. Conducto radicular contaminado con sangre o saliva que penetra por la apertura cameral (Figura 12).**

Si la sangre y/o saliva se introducen por el conducto o si hay contacto entre la lima con la encía, se producirán fugas eléctricas y no se obtendrá una exacta medición. Por ello, se debe esperar a que el sangrado cese por completo antes de tomar una medida.



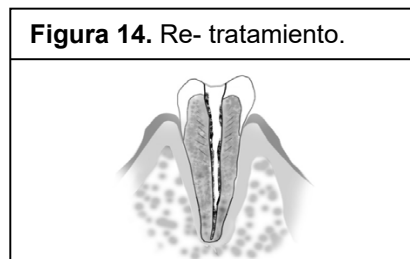
**3. Diente fracturado (Figura 13).**

Si el diente (corona o raíz) está roto y una sección del tejido gingival se introduce alrededor de la apertura, el contacto entre el tejido gingival y la lima podría resultar en una fuga eléctrica y no se obtendrá una medición exacta. En estos casos, se debe reconstruir la corona con un biomaterial adecuado y así poder aislar correctamente los tejidos.



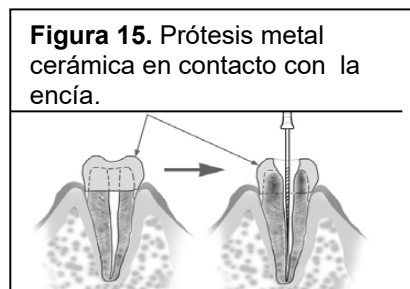
**5. Re-tratamiento de una raíz llena de gutapercha (Figura 14).**

En este caso, la gutapercha debe ser removida por completo antes de realizar una medición. El primer paso consiste en pasar una pequeña lima a través del foramen apical y luego llenar el conducto con una solución salina antes de tomar la medición.



**6. Corona o prótesis de metal en contacto con tejido gingival (Figura 15).**

La medición exacta no se puede obtener si una prótesis de metal está en contacto con el tejido gingival. En este caso, se debe ampliar la apertura en la parte superior de la corona para que la lima no toque la prótesis.



## **Indicaciones de los LAE.**

Existen diferentes situaciones que nos indican que el empleo de un LAE es correcto; por ejemplo (Johnson, 2002 citado en Ochoa & Jiménez, 2006):

- a. Obstrucción visual en la radiografía de la porción apical del sistema de conductos por diferentes accidentes anatómicos (excesiva densidad ósea, torus, proceso malar, etc.), ya que nos permite acceder al conducto.
- b. Pacientes embarazadas
- c. Niños que no toleren la toma de radiografía o pacientes con excesivo reflejo nauseoso.
- d. Pacientes con enfermedad de Parkinson.
- e. Perforaciones radiculares.

## **Contraindicaciones de los LAE.**

Del mismo modo como existen situaciones que nos indican claramente el empleo del LAE, también existen características que nos impiden emplear este instrumento, siendo contraindicaciones, tales como: (Johnson, 2002 citado en Ochoa & Jiménez, 2006).

- a. Conductos no permeables, es decir que se encuentren calcificados o con material de obturación (re-tratamientos).
- b. Fracturas radiculares.
- c. Personas con marcapasos.
- d. Presencia de grandes caries o destrucciones que comunican el conducto con la encía, pues la saliva cierra el circuito.
- e. Reabsorción radicular interna perforante.
- f. Perforaciones radiculares
- g. Falsas vías intra-conducto

## **Precauciones.**

1. Casi todas las unidades de última generación operan con una batería alcalina de 9 V, la que genera una tensión entre 7.3 V y 9.5 V con una corriente entre 2 micro-amperes hasta 28 mili-amperes. Con estas características, no hay peligro alguno de dañar los tejidos blandos. Sin embargo, el paciente puede sentir cierta incomodidad, por lo que se sugiere el uso de anestesia, antes de utilizar el equipo, cuando la pulpa no está totalmente necrótica.

## **Criterios de elección (Vachey, 2000).**

Respecto al aspecto exterior de los aparatos, razones evidentes de ergo-sepsia nos harán preferir:

- Los aparatos de superficie plana, descartando los LAE de primera generación y de segunda generación con presentación análoga.
- La presencia de electrodos intercambiables y esterilizables.
- Los que disponen de una presentación gráfica visible de lejos.

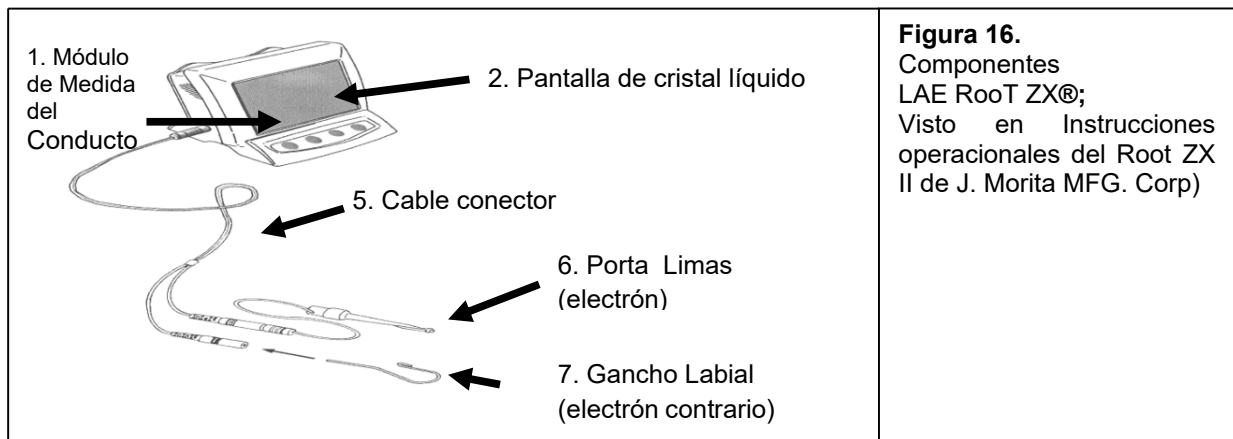
### Privilegiaremos los LAE:

- De tercera generación (pre-calibración automática).
- Funcionando con un amperaje inferior a 100 mA, evitando así “picazones” y contraindicaciones en los portadores de marcapasos (máximo de 30 mA para el Root ZX®).
- Que no dependan de baterías recargables pesadas y voluminosas
- Con señales compuestas (multi-frecuencias).
- Los que utilizan al menos una frecuencia superior a 5 khz (si no el conducto debe estar seco) cercano a los 10khz (para un mejor comportamiento en presencia de hipoclorito y de una constricción apical abierta) e inferior a 30khz

### Características generales de localizadores apicales a utilizar en la investigación.

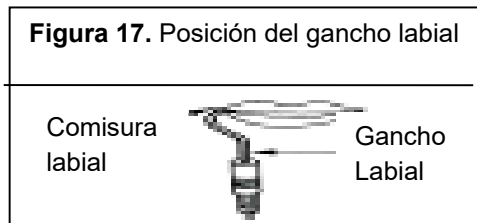
#### ROOT ZX®<sup>2</sup>.

#### 1. Componentes del LAE Root ZX® (Figura 16).



#### 2. Funcionamiento de la unidad.

**2.1** Encender el localizador apical y posicionar el gancho labial (también denominado clip labial) en la comisura de la boca del paciente (Figura 17). (Se



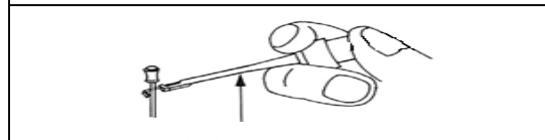
<sup>2</sup>Para mayor información ver anexo 5

debe preguntar al paciente si es alérgico a los metales, pues el gancho puede generar reacciones adversas en ese tipo de personas. También conviene tener cuidado con soluciones medicamentosas, tales como, el formocresol, paramonoclorofenol o hipoclorito de sodio, ya que, al contactar con el electrodo contrario o con la pinza para la lima podrían causar una reacción adversa como la inflamación del sitio).

**2.2** Sujetar el porta limas en el eje de la lima. Dentro de este punto también es importante:

**2.2. a** Se debe mantener siempre sujeto el porta limas, por la parte superior del eje de la lima, cercana al mango (Figura 18). Utilizando, solamente, limas y escariadores con mangos plásticos.

**Figura 18.** Posición de la lima en el porta limas.



**2.2. b** Si la lima tiene un mango de metal, las fugas eléctricas se producirán cuando el mango es tocado por los dedos, impidiendo una medición exacta del conducto radicular.

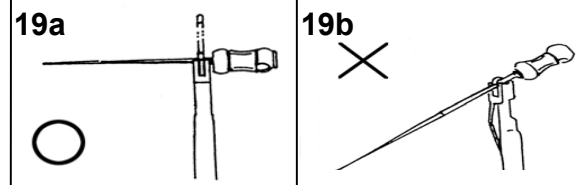
Incluso si el identificador de limas es de plástico, asegúrese de no tocar la parte metálica de la lima con el dedo.

**2.2. c** No utilizar limas dañadas. Una medición exacta no se puede hacer utilizando instrumental dañado.

**Figura 19.**

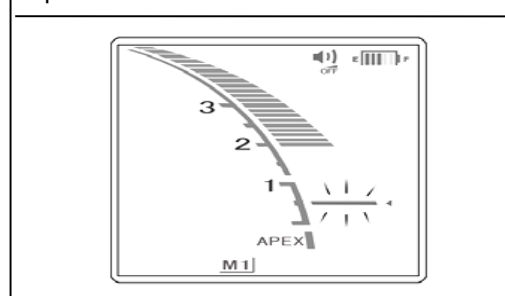
**19a.** Forma correcta de tomar la lima.  
**19b.** Forma incorrecta de tomar la

**2.2. d** Sujetar la lima como se muestra abajo en la Figura 19(a). Si la lima se ve forzada a la posición que se muestra en la Figura 19(b), no puede hacer una medición exacta y la pinza podría estar dañada.



**3.** Insertar la lima (en la mayoría de los casos de número 10) hasta que el indicador marque 0,5 (este punto puede ser reconocido también por el cambio en el sonido de la alarma).

**Figura 20.** Avance de la lima hasta el ápice.



**3.1** La posición de la punta de la lima es mostrada en la pantalla por la barra indicadora de longitud. La línea apical parpadea una vez que la lima se encuentra dentro del conducto (ver Figura 20)

**3.2** La lectura de 0.5 mostrada en la barra de longitud indica que la punta de la lima está en la constricción apical.

**3.3** Si la punta de la lima traspasa el punto indicado por la línea apical, el sonido de la alarma va a cambiar el tono a pitidos sólidos.

La longitud de trabajo difiere ligeramente en función de cada diente individual y esta discrepancia debe ser juzgada por el profesional odontólogo.

Este localizador apical no necesita calibración, ya que es automático, el microprocesador del aparato corrige el cociente calculado; así la posición de la punta de la lima y la lectura del contador son directamente relacionadas.

En un estudio que comparaba tres localizadores apicales en cuanto a la determinación del CDC, se demostró que el Root ZX® fue el más preciso y no dio sobreestimaciones de la longitud del conducto radicular, en comparación al Raypex®4 y al Apex Pointer (ElAyouti, 2005), estos últimos corresponden a localizadores apicales de cuarta generación.

En otra investigación, se determinó que la distancia promedio, entre la longitud de trabajo del LAE y el CDC fue de 0,19 mm para el Root ZX y que su habilidad para localizarlo fue de 90,7%(Welk, 2003).

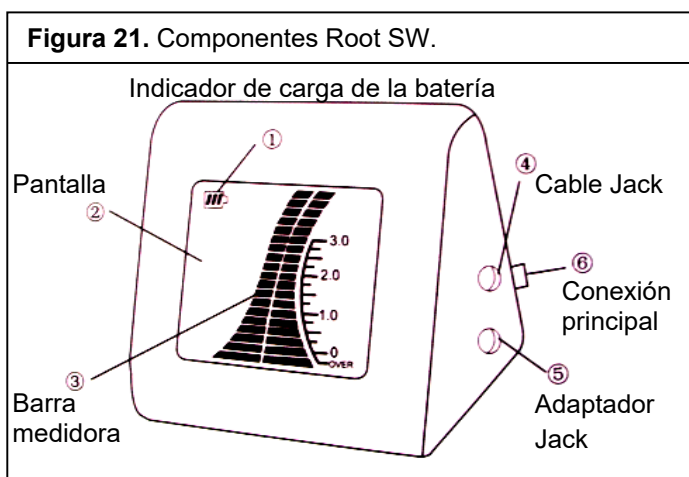
Otros investigadores, compararon la precisión de los LAEs Root ZX y Propex, y determinaron que fue similar en ambos instrumentos; sobre el porcentaje de las mediciones de la distancia al foramen apical, no se encontraron diferencias significativas; obteniendo para el Root ZX una efectividad del 78,8% y un 74,4% en las mediciones realizadas con Propex (Lumnije, 2007).

### ROOT SW ®.<sup>3</sup> (Figura 21).

Localizador apical de origen asiático, siendo una reproducción del localizador apical Root ZX ®.

Presenta un funcionamiento similar al original. Sin embargo, existen algunas diferencias, la durabilidad del aparato y confiabilidad en cuanto a sus lecturas, todo esto, en relación a su origen chino.

#### 1. Características.



<sup>3</sup>Ver anexo 5 para más información

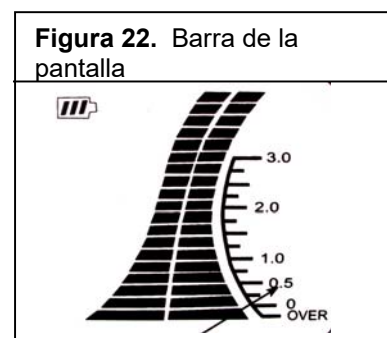
- El Root SW no requiere ajustes ni calibraciones y puede ser usado si el conducto radicular esta seco o lleno de fuertes electrolitos (sangre, agua, hipoclorito de sodio, solución salina, etc.)
- La posición de la punta de la lima y la lectura de medición están directamente relacionadas, por lo que, la ampliación del conducto radicular se puede realizar fácilmente mientras se efectúa el monitoreo electrónico de la longitud del conducto. La longitud es de fácil lectura, en una pantalla de cristal líquido.
- La posición de la punta de la lima es fácilmente determinada, gracias a los cambios ocurridos en el monitor manifestados a la vez, por señales audibles.

## 2. Especificaciones generales.

### 2.1 Lectura de la medición.

**2.1. a** La posición de la punta de la lima es indicada por la barra en la pantalla. La alarma audible comenzara a emitir “beeps” de bajo volumen cuando la barra registre 0,5. (ver Figura 22)

**2.1. b** Cuando la posición de la punta de la lima llega al foramen apical (lectura de “0”), la alarma emitirá “beeps” de alto volumen.

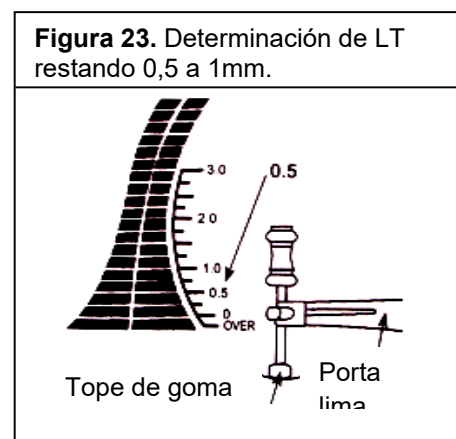


### 3. Determinación de longitud de trabajo (LT) del conducto.

**3.1.** La longitud de trabajo del conducto radicular utilizada para determinar la longitud de la instrumentación apical y por ende del material de obturación, es actualmente algo más corta: encontrar la longitud del conducto hasta la constricción apical (determina el punto hasta donde debe llegar el material de obturación) mediante la sustracción de 0,5 mm a 1,0 mm de la longitud de trabajo indicada por la lectura de 0,5 en la pantalla. (ver Figura 23)

**3.2** Lo estimado anteriormente para la longitud del conducto puede diferir algo dependiendo del diente individual y de la forma de dicho conducto. Esta discrepancia puede ser juzgada por el odontólogo al trabajar en el diente.

Se debe recalcar, que en relación al LAE Root SW, no existen estudios comparativos con otros localizadores apicales, para lograr determinar su eficacia o funcionamiento. Tampoco, se encontraron investigaciones que estudien su actividad de forma individual.



## PROPEX II ®.

Propex II ® (ver Anexo 5) (ver Figura 24), es un aparato electrónico para determinar la localización del ápice y la longitud de trabajo. Este producto debe ser usado solamente en un medio hospitalario, clínicas o gabinetes dentales y únicamente por profesionales dentales cualificados (Instructivo Propex II, 2009).

**Figura 24.** Propex II®



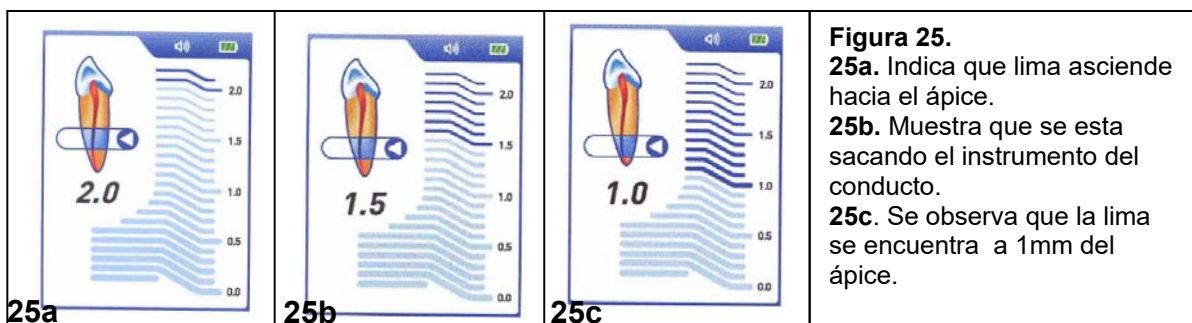
### 1. Elementos a considerar:

- Para asegurar que ningún cortocircuito altere las mediciones.
- Tener especial cuidado con los pacientes que tengan coronas o puentes metálicos (evitar cualquier contacto entre dichas partes metálicas y la lima o el clip del labio).
- Asegurarse que el conducto este lo suficientemente húmedo para que la medida sea fiable.
- Si las barras gráficas hacen un movimiento amplio en la parte coronal del conducto – continuar suavemente hacia el ápice y la señal volverá a la normalidad.
- Un localizador de ápice puede no ser capaz de medir en todas las condiciones. En cualquier caso, se recomienda realizar una radiografía previa al uso del aparato y comparar la información de ambos sistemas. (Instructivo Propex II, 2009).

### 2. Funcionamiento de la unidad.

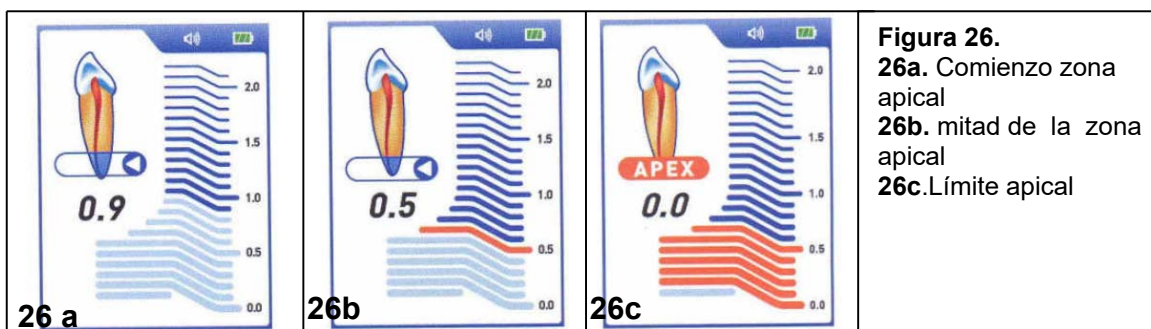
#### 2.1 Zona coronal y media.

La progresión de la lima hacia el ápice dentro del conducto, se muestra con el cursor en el ícono del diente y por un valor numérico en la escala gráfica. ProPex® proporciona información audible de la progresión de la lima mediante sonidos progresivos en forma de “beeps” (ver Figura 25).



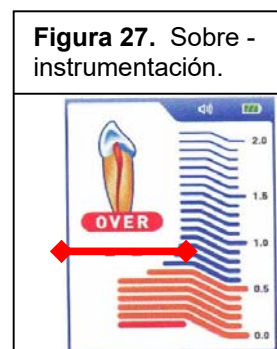
## 2.2 Zona Apical.

La zona apical se divide en 10 segmentos divididos desde 0.9 a 0.0 (ápice) a igual que la información visual de la progresión de la lima. Cuando se alcanza el ápice, el cursor muestra y se emite un tono fuerte. (ver Figura 26).



## 2.3 Sobre - instrumentación.

Un segmento rojo y una señal de advertencia indican que la lima ha sobrepasado el ápice.” (ver Figura 27).



## 3. Determinación de la longitud de trabajo.

Una vez que se alcanza el ápice, se debe restar 0.5 mm para determinar la longitud de trabajo (Instructivo Propex II, 2009).

Al comparar el funcionamiento de este LAE, Plotino et al. hallaron diferencias significativas entre el Root ZX y el Propex, encontrando una eficacia en la determinación del CDC de 97,37% para el primero y de 100% para el Propex. Además, se registró, que las mediciones del LAE Root ZX en el 84,22% quedaron cortas, dentro del 0,5 de la longitud real, en comparación al Propex que sólo registró el 35,9% de longitudes cortas (Plotino, 2006). Además, Fan et al. demostraron que el aumento en el diámetro de los túbulos y la presencia de electrolitos afectaron adversamente la precisión del Root ZX y del Propex (Fan, 2006).

### **III. OBJETIVOS Y/O HIPÓTESIS.**

#### **Objetivo General.**

- Evaluar exactitud y precisión de tres localizadores apicales, en la determinación de la constricción apical.

#### **Objetivos Específicos.**

1. Comparar entre si, las longitudes de trabajo determinadas por los tres LAEs en estudio.
2. Contrastar las longitudes de trabajo determinadas por los LAEs y las obtenidas mediante valores radiográficos.
3. Cotejar mediciones conseguidas a través del pie de metro con las establecidas radiográficamente.
4. Cotejar mediciones conseguidas a través del pie de metro con las establecidas por cada LAE.
5. Confrontar la localización de la Constricción Apical descrita por los LAEs con la obtenida por el CBCT.
6. Comparar la localización de la constricción apical establecida radiográficamente con la obtenida mediante el CBCT.
7. Determinar y comparar porcentajes de registros de datos de los diferentes LAEs.

#### **Hipótesis.**

- No existe diferencia estadística significativa entre los localizadores apicales electrónicos (Root ZX®, Root SW® y Propex II®) para determinar con eficacia el límite CDC (constricción apical)

#### IV. MATERIALES Y MÉTODO.

##### 1. DISEÑO METODOLÓGICO.

###### 1.1 Tipo de estudio.

El presente estudio fue de tipo experimental (“*in vitro*”)

Se realizó una comparación entre 3 localizadores apicales, llamados: Root ZX®, Propex II® y Root SW®.

Se efectuó entre el segundo semestre del año 2009 y el primer semestre del año 2010 en Clínica A de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

###### 1.2 Metodología.

Para la realización de este estudio se contó con la presencia de dos operadores, quienes lograron recolectar un total de 60 dientes uniradiculados, sin importar su origen (maxilar superior o inferior). Antes de realizar el experimento propiamente tal, los operadores número 1 y 2 fueron calibrados mediante el test T de Student, de forma intra-operador y con Gold Estándar<sup>4</sup>.

Al comenzar el estudio, el operador 2 eliminó 6 dientes por visión directa, pues presentaban curvaturas apicales severas. Posteriormente, les colocó números arábigos consecutivos del 1 al 54. Además el mismo operador midió cada diente con un pie de metro (ver figura 28) y anotó las longitudes obtenidas en una planilla Excel.

Luego, ambos operadores rellenaron los recipientes con cera amarilla. El operador número 2 montó los dientes en dichos envases (ver figura 29a y 29b).

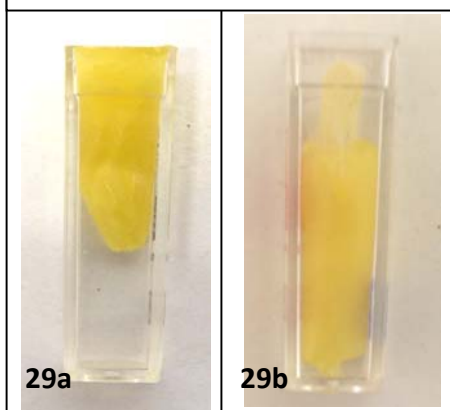
A continuación, el operador número 1 procedió a tomar radiografías periapicales orto-radiales, a todos los dientes, con películas radiográficas Kodak DF 56.

Para una toma radiográfica más estandarizada, se

**Figura 28.** Pie de metro de 0.02 centésimas de precisión

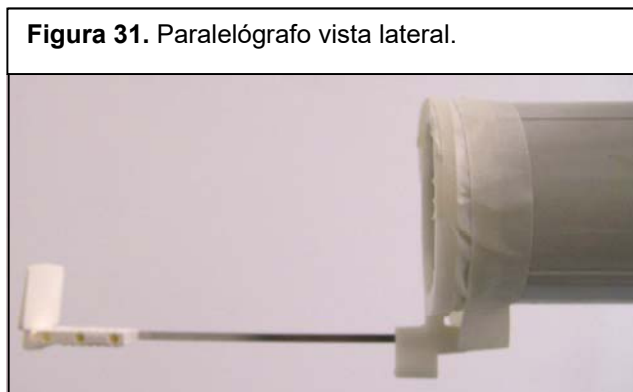


**Figura 29a:** recipiente con cera.  
**Figura 29b:** posición del diente.



<sup>4</sup> Mediante “Scanex” facilitado por Dr. Ramón Naranjo, calibración realizada en conjunto con Dr. Eugenio Avilés, Radiólogo de Facultad Odontología, Escuela de Odontología, Universidad de Valparaíso.

empleo un paralelizador (BAI instruments marca RINN), el cual fue adherido al tubo de rayos X con masking tape dejando paralelo el objeto (recipiente con el diente), la película radiográfica y el tubo (ver figuras 30 y 31).



El equipo radiográfico (ver figura 32) se programó, de una forma estandarizada para la toma de todas las radiografías, siguiendo los parámetros que se muestran a continuación:

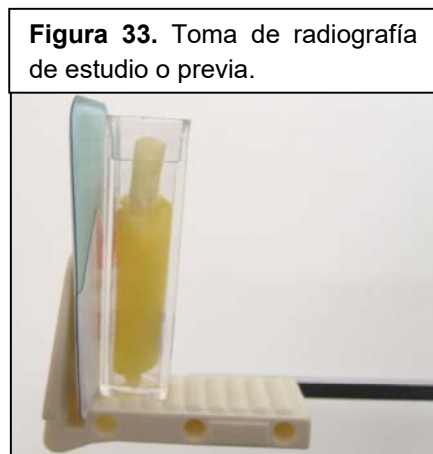
- Para adultos.
- Para premolares.
- Cono largo
- 70 KV.
- 1,00 segundos de exposición.

El objetivo de esta radiografía (ver figura 33), es determinar a través de una imagen virtual, los dientes que presentan las características correspondientes a las establecidas en los criterios de inclusión (ver página 37).



Luego el operador número 2 reveló y analizó las radiografías, descartando 7 dientes, ya que, uno de ellos presentaba una endodoncia y los restantes tenían curvaturas severas o presentaban conductos atrésicos. Por lo tanto, con 47 dientes realizó el montaje.

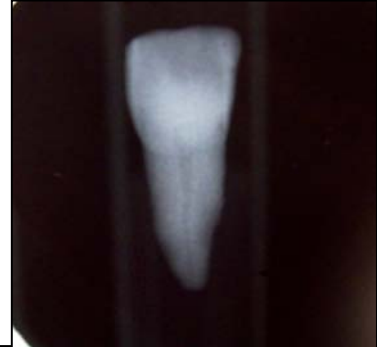
Las radiografías peri-apicales utilizadas como medio de selección (ver figura 34), también fueron empleadas como radiografías iniciales para poder determinar la longitud de estudio del diente, la cual se



registró en una planilla Excel por el operador número 2. A esta longitud se le restó 1 mm. para obtener de manera consecuyente la longitud real del instrumento (LRI).

Los frascos fueron cortados 1,5 cm. por el operador número 1 con un disco de carburundum insertado en el porta-disco, y a su vez en la pieza de mano y micromotor marca NSK (ver figura 35). Estos se cortaron, pues presentaban una altura mayor a la necesaria para el paralelizador, dejando a los dientes fuera de la película radiográfica. Posteriormente, el operador número 1 realizó un orificio en la parte inferior del frasco con una piedra redonda de diamante montada en el contra-ángulo y micromotor correspondiente.

**Figura 34.** Radiografía de estudio.



Enseguida, el operador número 2 introdujo los dientes en recipientes, con las mismas características mencionadas anteriormente, pero esta vez los relleno con alginato (hidrocoloide irreversible marca Jeltrate®). Consecutivamente, el mismo operador puso números correspondientes a la numeración dentaria y los cubrió con cinta enmascarada, para que el operador número 1 no tuviera conocimiento del diente en el cual trabajaba. Antes que éste endureciera, el diente se posicionó en el centro del frasco, cubriendo solamente la raíz (ver figura 36).

**Figura 35.** Corte de 1,5 cm realizados a los recipientes



Todo lo anterior se efectuó para lograr el circuito que hace funcionar al LAE, utilizando este orificio, con comunicación con el alginato, para poner el clip labial y así contactar con lo que simula ser la mucosa labial o tejido blando.

El operador número 2 escogió los dientes de forma aleatoria simple y los montó en grupos de 10, ya que se necesitaba que el alginato estuviera húmedo para la medición con los LAEs.

El operador número 1 efectuó la apertura cameral, en una primera fase con fresa redonda número 014 de alta velocidad, utilizando una turbina W&H, para continuar con una fresa troncocónica de baja velocidad utilizando un contra-ángulo marca NSK.

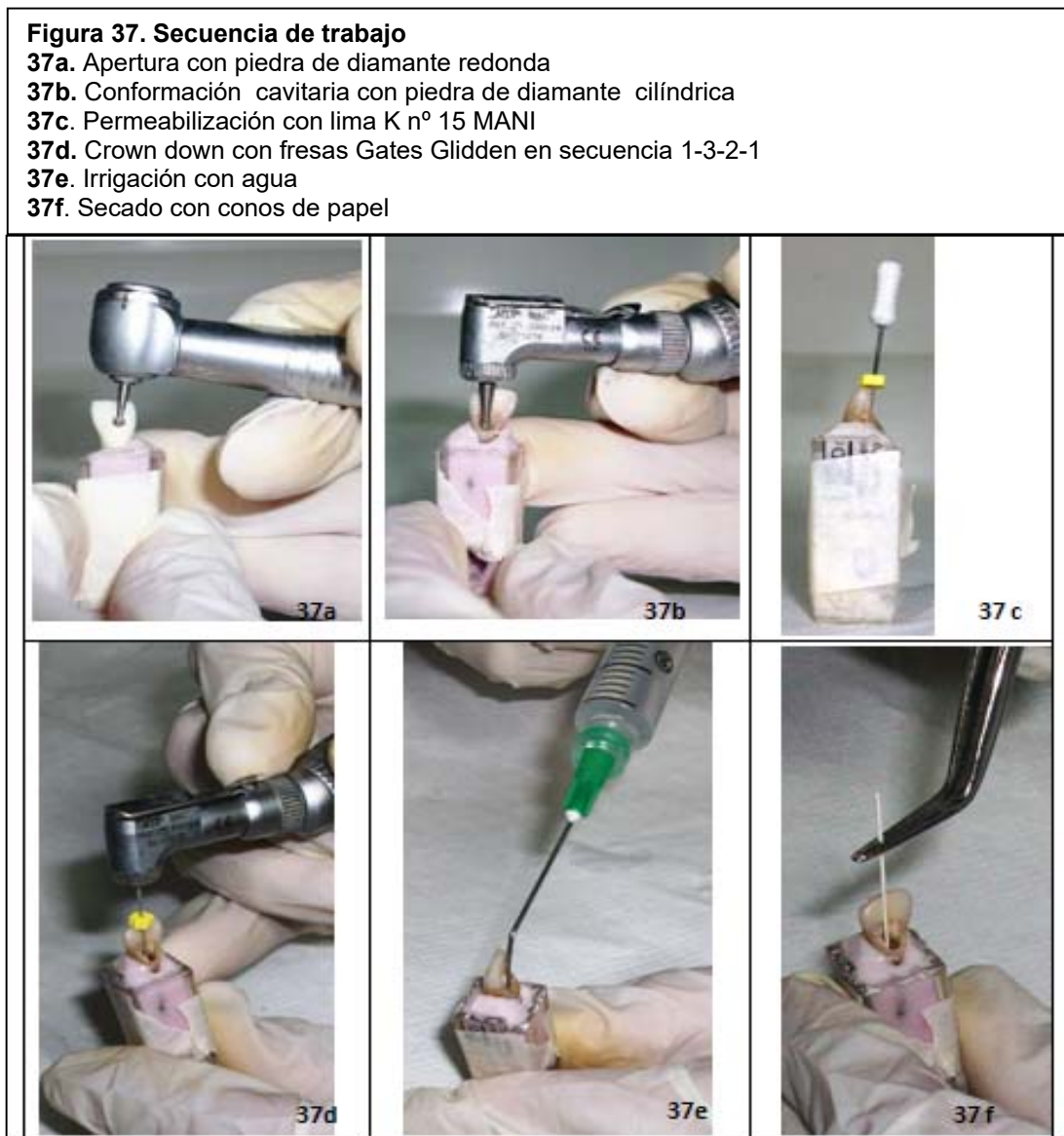
**Figura 36.** Diente montado en alginato



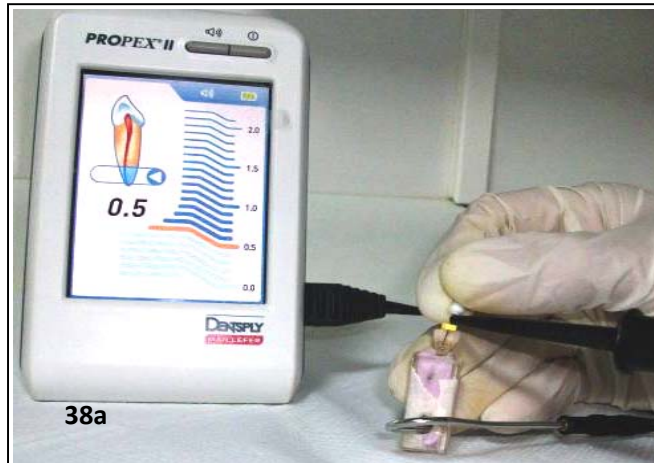
Posteriormente realizó el Crown-Down con fresas Gates Glidden marca Mailleffer con secuencia de tamaños 1-3-2-1. La

irrigación fue con agua corriente de la red de agua potable a través de jeringas desechables de 5 ml. Y secó los conductos con conos de papel de acuerdo al lumen de los mismos (ver figura 37, donde se muestra la secuencia de trabajo). El mismo operador efectuó la conductometría con limas tipo K marca MANI número 15. Esta se colocó en el porta-lima del localizador apical y de manera conjunta, la pinza labial del LAE en el interior del frasco para hacer contacto con el alginato.

El operador número 1 eligió de manera arbitraria qué localizador apical utilizar primero. Sin informarle al operador número 2, para mantener el ciego del estudio.



Al momento de determinar la constricción apical, el operador número 1 fijó la longitud con un tope de silicona. Esto lo realizó según el protocolo de uso particular de cada localizador apical estudiado (descrito anteriormente en el marco teórico) (ver figura 38).



**Figura 38a.** Utilización de los localizadores apicales en la determinación de la constricción apical **38a.** Propex II. Se determina la longitud de la lima a 0.5 mm del ápice.



**38b.** Root ZX. Se determina la longitud de la lima a 0.5 mm del ápice.

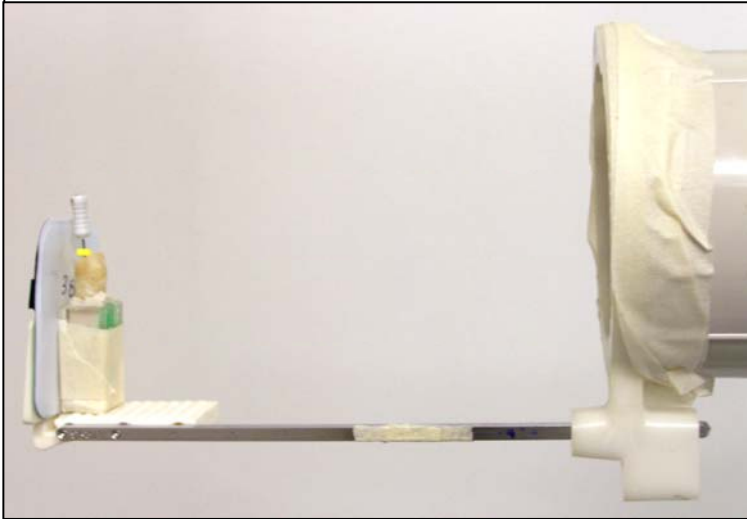


**38c.** Root SW. Se determina la longitud de la lima a 0.25 mm del ápice.

Terminado lo anterior y con la lima al interior del conducto radicular, el operador número 2 tomó una radiografía periapical en ángulo orto-radial que fue considerada como radiografía de control de longitud (ver figuras 39 y 40). Consecutivamente, midió

la longitud obtenida por los LAEs con una regla metálica milimetrada marca PROARTE (ver figura 41).

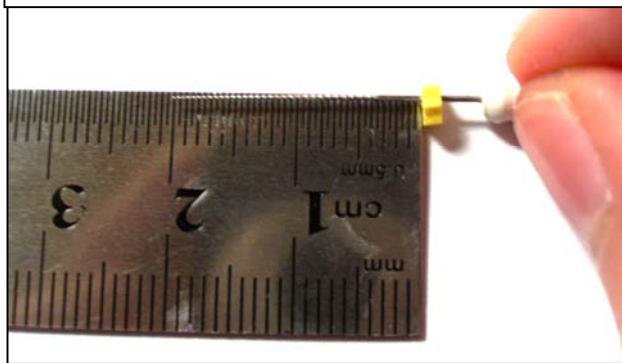
**Figura 39.** Estandarización de la radiografía peri apical, utilizando paralelizador BAI.



**Figura 40.** Acercamiento de diente, película y lima.



**Figura 41.** Medición de longitudes obtenidas en los LAEs a través de regla metálica.



**Figura 42.** Radiografía de control de longitud.

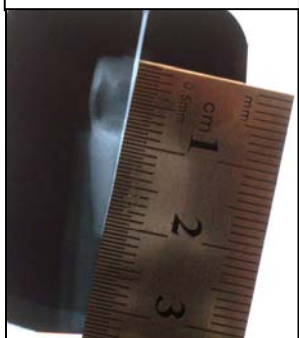


De la radiografía mencionada anteriormente (ver figura 42), el operador número 2 obtuvo los siguientes datos: a) longitud aparente del diente, b) longitud aparente del instrumento y con ellos calculó la longitud de trabajo (ver figura 43), anotándolos en la planilla de Excel.

Cabe señalar, que cada diente se sometió a medición con los tres LAEs en estudio. Sin embargo, dichas mediciones no se realizaron consecutivamente para mantener el carácter aleatorio del estudio.

Luego el operador número 1 utilizó el segundo LAE, pero los dientes se ordenaron de forma diferente, según un sorteo previo. Lo mismo se realizó con el tercer LAE. El operador número 2 anotó los datos obtenidos por cada LAE en la planilla de Excel.

**Figura 43.** Medición de radiografía.



Debemos aclarar que al realizar las aperturas camerales en un número de 13 dientes ocurrieron los siguientes percances:

- Perforaciones.
- No se encontró el conducto por gran calcificación.

Por estos motivos se tuvieron que recolectar dientes adicionales ya que no se cumplía con el número mínimo muestral. Es así como se llegó a un número final de 45 dientes.

Para poder emplear la Tomografía Computarizada (ver ANEXO 8), establecida como nuestro Gold Estándar, nuestro colaborador y consultor externo fue el Prof **Dr. Ramón Naranjo P.**<sup>5</sup>, donde llevamos 2 dientes a modo de prueba. El tomó el examen y nos entregó un CD con la información necesaria para instalar el programa "ICATVision", con el cual se pueden observar las imágenes obtenidas por el examen.

El operador número 1 fue el encargado de revisar de forma exhaustiva el programa y determinar la forma precisa para emplearlo y obtener las mediciones correspondientes.

<sup>5</sup> Radiólogo Hospital Naval A. Nef, Profesor Radiología U.V, Práctica Privada.

**Figura 44.** Troquel con 7 dientes montados



Posteriormente, el operados número 2 procedió a montar todos los dientes en troqueles, realizados en “accutrac” simulando la forma de una arcada dentaria (ver Figura 44). Los dientes fueron dispuestos en 6 troqueles de 7 dientes y un último troquel con los 3 dientes restantes. El montaje se realizó con yeso piedra y aserrín, en una proporción de 1:1. Además en los ápices dentarios se puso cera amarilla, a modo de generar una lesión periapical radiolúcida en el CBCT para observar de forma más efectiva los ápices dentarios y el tercio apical.

Los dientes fueron organizados como se observa en la siguiente tabulación:

**Tabla I.** “Distribución de dientes en los diferentes troqueles”.

	Números asignados a dientes						
<b>Troquel 1</b>	1	3	4	5	6	7	8
<b>Troquel 2</b>	9	10	12	13	15	16	17
<b>Troquel 3</b>	18	19	20	21	22	23	24
<b>Troquel 4</b>	25	26	27	28	30	31	32
<b>Troquel 5</b>	34	35	36	37	38	39	41
<b>Troquel 6</b>	44	47	48	49	50	51	52
<b>Troquel 7</b>	53	56	57	x	x	x	x

Estos troqueles fueron llevados nuevamente a la clínica del especialista, donde se efectuó la Tomografía Computarizada, también denominada Scanex.

El experto nos facilitó su infraestructura, maquinaria y equipamiento para obtener imágenes de alta resolución que nos permitieron determinar de una manera precisa la localización del CDC.

El mismo doctor fue el encargado de seleccionar de forma totalmente azarosa, los grupos de troqueles que se emplearon, determinando tanto su posición en cada grupo como el lugar en que se les tomaría el examen.

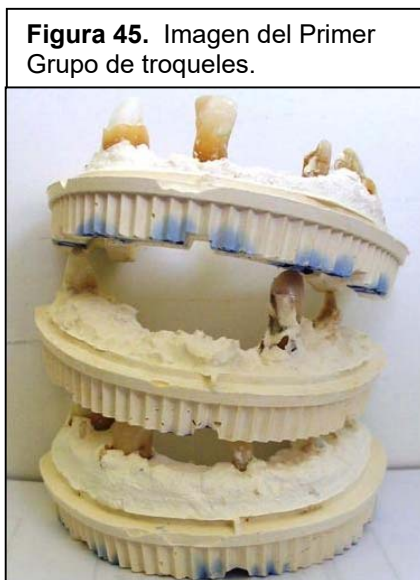
Los troqueles fueron agrupados de la siguiente forma:

**a) Primer grupo:** conjunto de 3 troqueles ubicados uno encima del otro como se indica a continuación en la Tabla II:

**Tabla II.** “Primer conjunto de troqueles empleados en Scanex, con su ubicación específica y sus dientes numerados”.

		Números asignados a dientes							
<b>Troquel 1</b>	1	3	4	5	6	7	8	<b>Ubicación</b>	Superior
<b>Troquel 4</b>	25	26	27	28	30	31	32	<b>Ubicación</b>	Media
<b>Troquel 6</b>	44	47	48	49	50	51	52	<b>Ubicación</b>	Inferior

Por lo tanto, al extrapolar la Tabla II, podemos decir que los troqueles se encontraron ordenados como se muestra en las Figuras 45 y 46.



**b) Segundo Grupo:** este fue seleccionado de la misma forma que el primer grupo, constituyéndose de la siguiente manera:

**Tabla III.** “Segundo conjunto de troqueles empleados en Scanex, con su ubicación específica y sus dientes enumerados”.

		Números asignados a dientes							
<b>Troquel 2</b>	9	10	12	13	15	16	17	<b>Ubicación</b>	Superior
<b>Troquel 3</b>	18	19	20	21	22	23	24	<b>Ubicación</b>	Media superior
<b>Troquel 7</b>	53	56	57	x	x	x	X	<b>Ubicación</b>	Media inferior
<b>Troquel 5</b>	34	35	36	37	38	39	41	<b>Ubicación</b>	Inferior

Así, el segundo grupo de dientes lo podemos ver como se muestra en las Figuras 47 y 48.

**Figura 47.** Imagen de Segundo grupo de troqueles.



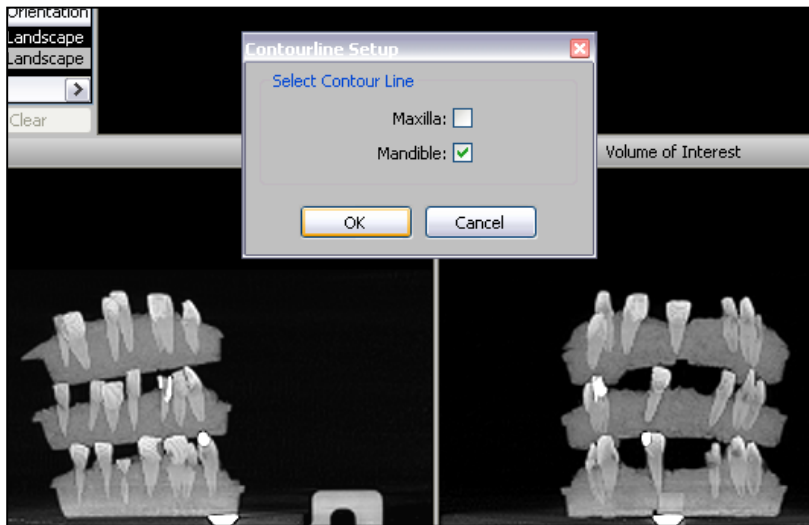
**Figura 48.** Imagen del Segundo grupo de troqueles mostrada por Scanex



Una vez obtenido el examen realizado, el **Dr. Naranjo P.**, nos facilitó un CD con la información grabada, para determinar las mediciones en las imágenes obtenidas en la tomografía computarizada.

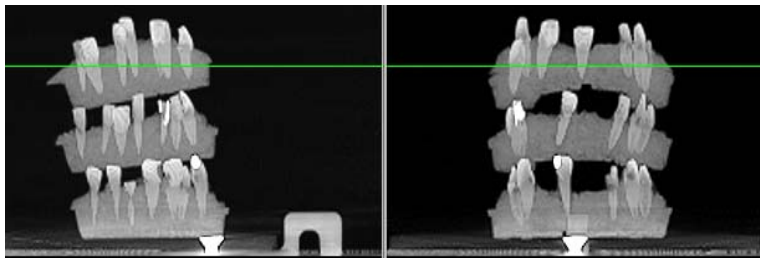
El operador número 1, fue el encargado de determinar la localización del CDC en las imágenes obtenidas por el Scanex, lo cual se realizó, en ambos grupos de troqueles, través de la siguiente secuencia de 9 pasos:

1. Primero se seleccionó el archivo y se especificó si la imagen correspondía al maxilar superior o la mandíbula; en este caso se seleccionó la última opción, dada la disposición de los troqueles en la máquina (ver Figura 49).

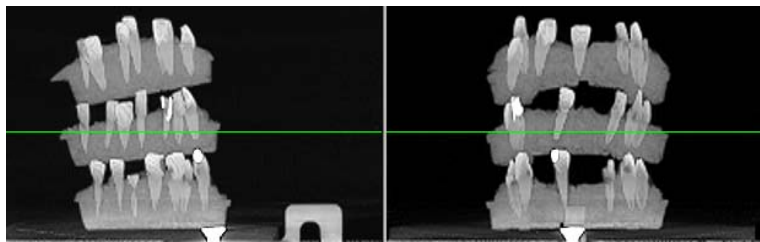


**Figura 49.**  
Se seleccionó la opción mandíbula en el programa, debido a la ubicación dentaria, que simula una arcada inferior.

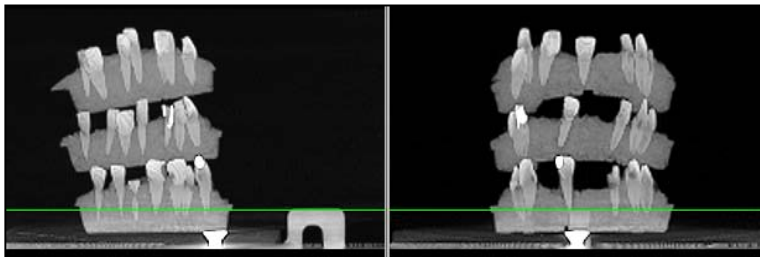
2. Posteriormente se determinó el troquel en el que se realizaron las mediciones, para lo cual la línea verde (ver Figuras 50, 51 y 52) se movió ubicándola en la posición exacta del troque a emplear, logrando obtener una imagen total de los dientes, para lograr un correcto perfil y con esto una adecuada medición.



**Figura 50.**  
Selección troquel superior.

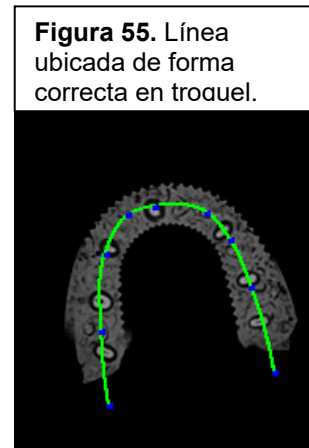
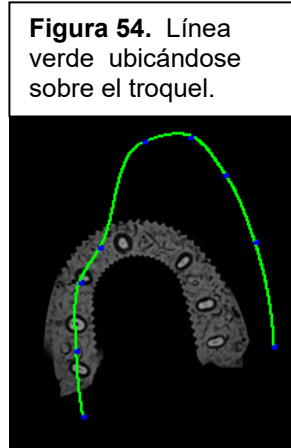
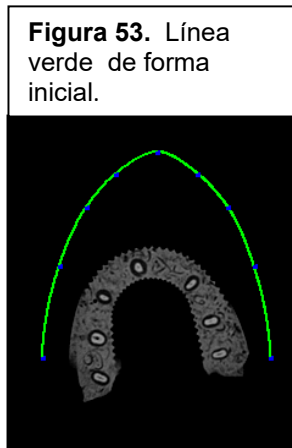


**Figura 51.**  
Selección troquel medio.

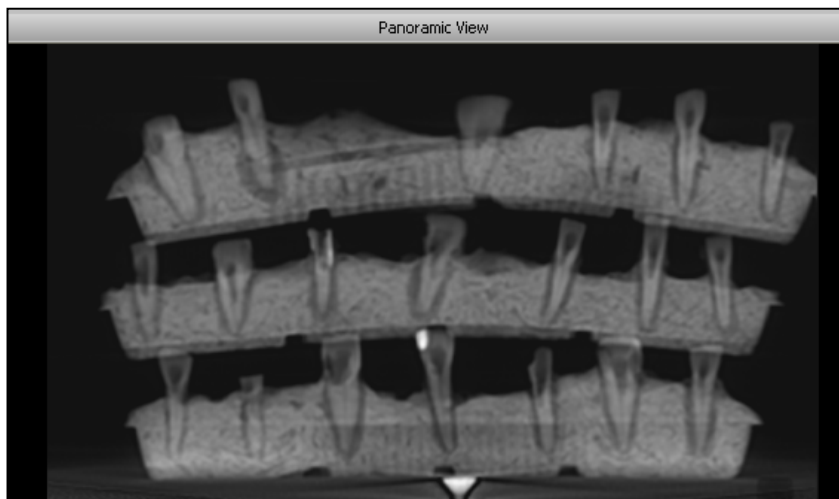


**Figura 52.**  
Selección troquel inferior.

3. Luego de determinado el troquel, se ajustó la imagen moviendo la línea verde a través de los puntos azules. Esta línea se colocó sobre la imagen del troquel imitando de forma exacta la arcada dentaria (ver Figuras 53, 54 y 55).



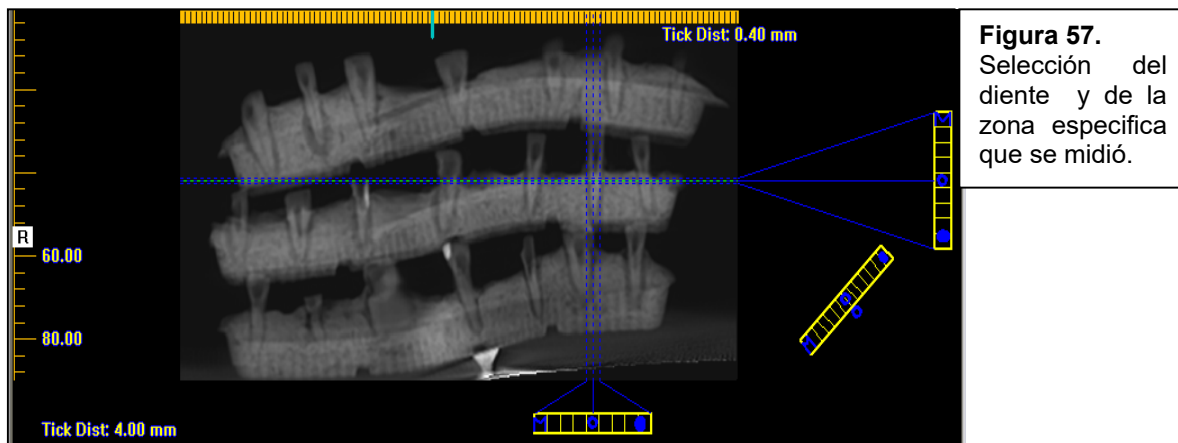
4. Con el troquel determinado y con la zona requerida delimitada, se observaron de forma nítida los dientes montados. Así, el programa nos dio una vista panorámica (ver Figura 56), la que nos permite escoger la sección implantes, sobre la que se realizaron las mediciones de forma estandarizada y con valores reales.



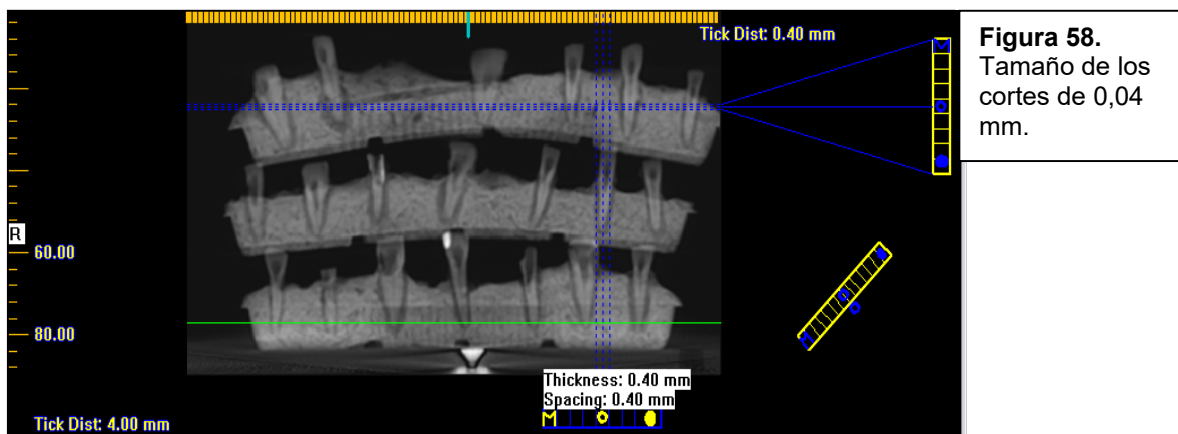
**Figura 56.** Vista panorámica de los troqueles del grupo 1 ofrecida por Scanex.

5. Con la opción "implantes" seleccionada, se escogió el diente en el cual se realizó de forma específica el examen. Esto se realizó diente por diente. Mediante las barras amarillas se selecciona la zona a estudiar, así la barra inferior nos permite seleccionar el diente específico y la barra ubicada en el lado derecho de la

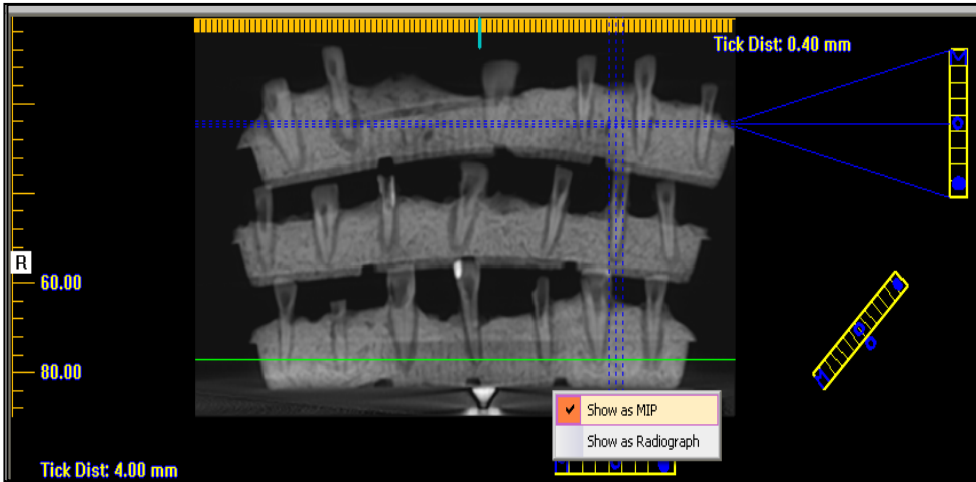
pantalla nos permite determinar la zona exacta del diente que queremos ver. La barra amarilla oblicua nos dio un mayor o menor contraste de la imagen (ver Figura 57).



6. Luego de la determinación del diente y de la zona específica a examinar, se estableció el tamaño de los cortes; en este caso se emplearon cortes de 0,04 mm, siendo el corte de menor dimensión, lo cual nos dio una mayor precisión (ver Figura 58).

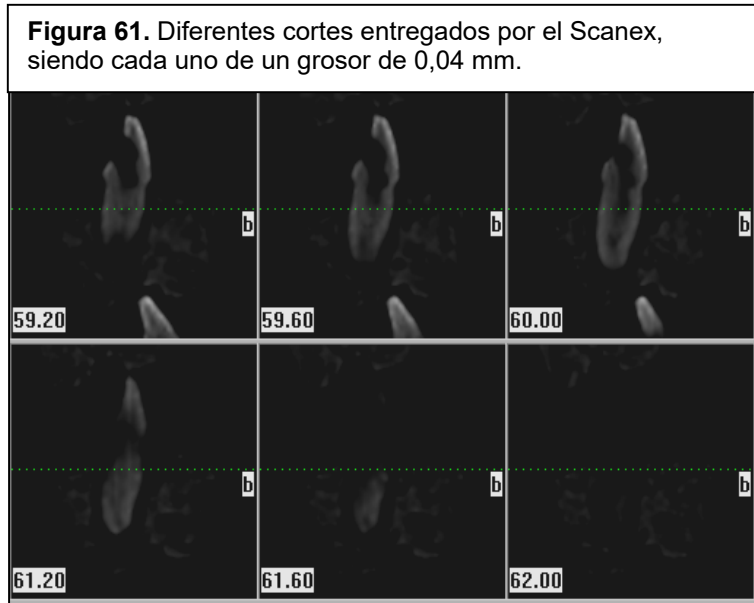
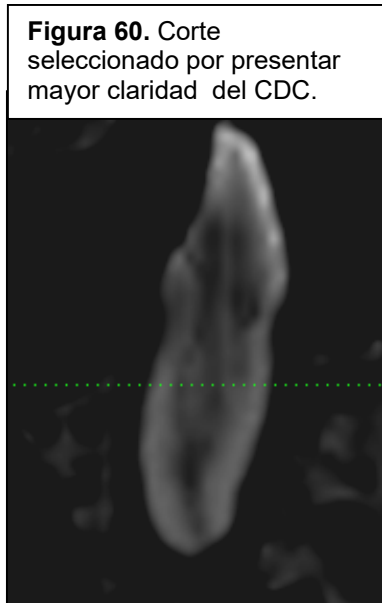


7. Para obtener una imagen adecuada, se puede seleccionar entre imagen tipo radiografía o tipo MIP, en este caso se seleccionó la segunda opción, pues nos permitió observar de forma mas nítida el CDC (ver Figura 59)



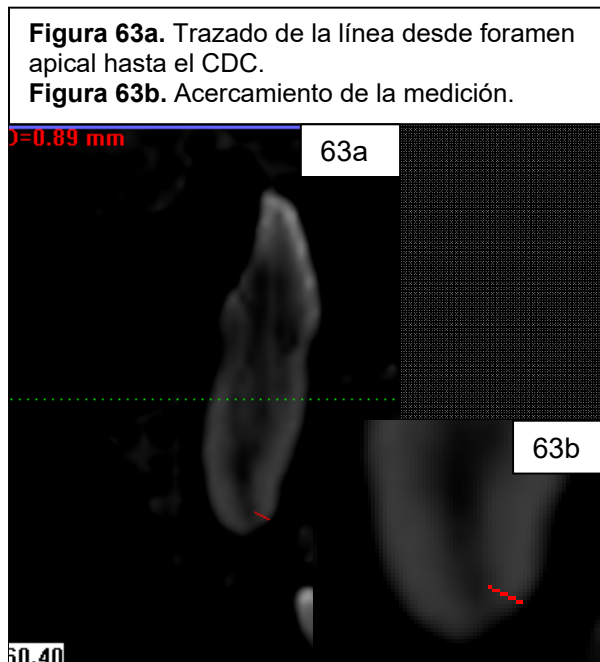
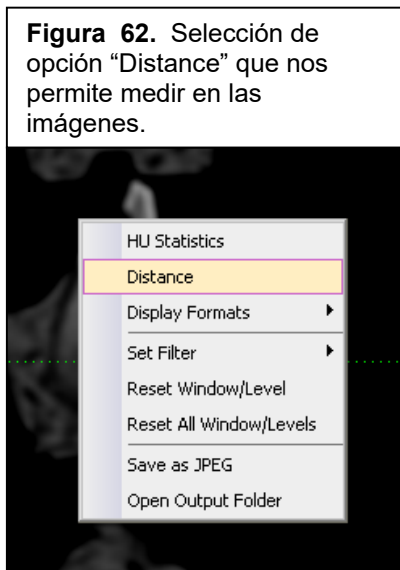
**Figura 59.** Selección de imagen tipo MIP.

8. Al tener todo determinado, se obtuvieron 7 cortes, de los cuales se seleccionó el que entregaba una imagen mas clara de la ubicación del CDC (ver Figuras 60 y 61).



9. Luego de escoger la mejor imagen, se procedió a medir mediante 2 pasos:

- I) Selección de la opción "Distance", que nos permitió medir a escala real (ver Figura 62).
- II) Se trazó una línea desde el foramen apical hasta el CDC (ver Figuras 63a y 63b).



Ya con los valores de las mediciones del CBCT, el operador número 2, se los restó a las mediciones realizadas con el pie de metro. De este modo se obtuvo la posición exacta del CDC en todos los dientes del estudio.

## V. MUESTRA

### 1. Tamaño (ver Anexo 6).

Cuerpos de prueba: 45 dientes uniradiculares, dividiéndose de la siguiente forma:

- a) Incisivos superiores: 26 en total, de estos:
- 10 Incisivos centrales.
  - 13 Incisivos laterales.
  - 03 Caninos.
- b) Incisivos inferiores: 19 en total, de estos:
- 08 Incisivos centrales.
  - 11 Incisivos laterales.

De los cuales 38 dientes contaron con todos los datos completos.

Figura 64. Fórmula para el cálculo de la muestra	
$\Phi^2 = \frac{n \cdot D^2}{2 \cdot a \cdot \sigma^2}$	<b>Donde:</b> $\Phi^2$ : Grado de relación entre las variables. $n$ : Tamaño muestral. $D^2$ : Diferencia máxima elevada al cuadrado. $a$ : Grupos $\sigma^2$ : Varianza.
$f = \frac{D}{\sigma(\bar{x})}$	$f$ : Efecto del tamaño o coeficiente de variación. $\sigma(\bar{x})$ : Desviación estándar

### 2. Criterios de Inclusión.

Se consideraron incisivos centrales, laterales y caninos que provenían de pacientes sin importar género ni maxilar. Lo importante, es que radiográficamente presentaron un conducto único, recto, sin calcificación y formación radicular completa.

La selección de los dientes para su empleo con los diferentes LAE, fue de manera aleatoria simple.

El método de recolección de datos fue de tipo ciego ya que el operador que determinó las longitudes con los LAEs no sabía en que diente estaba trabajando.

## VI. RECOLECCION DE DATOS.

### 1. Variables.

Son variables independientes, cuantitativas, continuas las siguientes:

- Longitud de trabajo (LT L) obtenida con:
  - LAE Root ZX®.
  - LAE Root SW®.
  - LAE Propex II®.
- Longitud dentaria medida con tomografía o Gold estándar.
- Longitud obtenida con el pie de metro.

Es Variable dependiente, cuantitativa y continua:

- Longitud de trabajo obtenida radiográficamente (fórmula).

### 2. Definiciones Conceptuales (DC) y Operacionales (DO)

- **Longitud medida con localizador apical electrónico (LAE) (LT):**

- **DC:** Corresponde a la distancia medida desde un punto coronal del diente hasta la “constricción apical” detectada por el localizador apical.

- **DO:** Medida registrada al utilizar una lima K nº 15 dentro del conducto radicular en conjunto con el localizador apical electrónico. El cual determina la constricción apical a 0.5 mm del ápice anatómico como medida estándar para todos los LAEs estudiados. La distancia registrada desde el borde incisal al CDC fue fijada con un tope de goma y medida con una regla metálica milimetrada. Anotándose como:

- LT Root ZX®,
- LT Propex II®
- LT Root SW®

Siendo la unidad de medida milímetros (mm).

- **Longitud de trabajo obtenida radiográficamente(LT fórmula):**

-**DC:** corresponde a la distancia calculada mediante una fórmula (véase a continuación) a la cual debiesen trabajar los LAEs al utilizar radiografías peri-apicales.

- **DO**: Medida calculada en la radiografía periapical de estudio entre dos puntos: uno de referencia coronal del diente y otro en el ápice radiográfico menos un mm (LE-1mm o LRI). Posteriormente, al realizar la conductometría con la radiografía de control de longitud, se calcula:

$$LRD = \frac{LAD \times LRI}{LAI}$$

donde:

- ✓ **LRD**: longitud real del diente;
- ✓ **LAD**: longitud aparente del diente
- ✓ **LRI**: longitud real del instrumento y
- ✓ **LAI**: longitud aparente del instrumento (Ver Anexo 1; glosario)

**LT = LRD - 1mm**; donde: LT es la longitud de trabajo. Obteniéndose:

- LT fórmula Propex II.
- LT fórmula Root ZX.
- LT fórmula Root SW.

La unidad de medida son milímetros (mm).

• **Longitud real del diente obtenida radiográficamente(LRD):**

- **DC**: distancia calculada en la radiografía de control de longitud. Determina la longitud real del diente.

- **DO**: corresponde al cociente de la fórmula presentada anteriormente. La unidad de medida son milímetros. Anotándose como:

- LRD Propex II.
- LRD Root ZX.
- LRD Root SW.

• **Diferencia entre LT LAEs y LT fórmula:**

- **DC**: corresponde a la diferencia entre la medida determinada por cada LAE con la fórmula.

- **DO**: sustracción entre la longitud de trabajo determinada por cada localizador apical y la longitud calculada por la fórmula al utilizar radiografías. Obteniéndose:

- LT Propex II – LT fórmula Propex II.
- LT Root ZX – LT fórmula Root ZX.
- LT Root SW – LT fórmula Root SW.

La unidad de medida son milímetros (mm).

- **Longitud obtenida con el pie de metro (Long. pie metro):**

- **DC:** distancia medida desde el borde incisal hasta el ápice anatómico dentario con el pie de metro.

- **DO:** distancia medida al colocar el diente verticalmente entre la pata fija y la móvil del pie de metro. Para la lectura se observa la regla fija para los centímetros y el nonio para los milímetros. Leyendo de izquierda a derecha, primero se lee en la regla fija desde el cero de la escala fija hasta el cero del nonio, luego se agrega la lectura correspondiente al mismo, que debe coincidir con cualquiera de las divisiones de la regla fija. La unidad de medida serán milímetros (mm).

- **Diferencia entre longitud. Pie de metro y LRD:**

- **DC:** corresponde a la diferencia entre la longitud del diente medida con pie de metro y la calculada por la fórmula para cada localizador apical.

- **DO:** sustracción entre la longitud real del diente determinada con el pie de metro y la calculada mediante la fórmula. Obteniéndose:

- Long. Pie de metro – LRD Propex II.
    - Long. Pie de metro – LRD Root ZX.
    - Long. Pie de metro – LRD Root SW.

La unidad de medida son milímetros (mm).

- **Longitud dentaria medida con CBCT o Gold Estándar(CBCT) :**

- **DC:** Distancia medida desde un punto coronal del diente hasta otro punto ubicado en la constricción apical, al utilizar cortes tomográficos.

- **DO:** Medida calculada en base a cortes tomográficos. Primero se determina la ubicación real de la constricción apical, midiéndose la distancia desde el ápice anatómico a dicho punto. Esta longitud se resta a la obtenida con el pie de metro. Así se obtiene la longitud real de trabajo a la cual debiesen trabajar los LAEs. Esta variable corresponde al Gold estándar su unidad de medida son milímetros.

### 3. Instrumentos

3.1 Se utilizarán los siguientes instrumentos **de medición**:

- Tres **localizadores apicales electrónicos** (LAEs): (Root ZX®, Root SW® y Propex II®) (ver página 16).
- **Pie de metro marca Truper** (graduación 1/128IN, 0.05 MM de precisión): es un instrumento para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde centímetros hasta fracciones de milímetros (1/10 de milímetro, 1/20 de milímetro, 1/50 de milímetro). Se utiliza para hacer mediciones con grados de precisión de: 0,05 y 0,02 mm. En este caso se utilizó 0.05 mm de precisión.
- **Regla endodóntica milimetrada**: instrumento para medir objetos relativamente pequeños, su unidad de medida son milímetros.
- **Lima K marca MANI n° 15**: instrumento endodóntico manual que consta de mango, vástago, espiras, tope de goma y una punta activa. Posee una sección cuadrangular. Su longitud puede variar de 21 a 25 mm. Su función es cortar, permeabilizar y tallar el conducto radicular, entre otras. Se utilizará ya que penetra en el conducto radicular, desde la parte coronal del diente hasta su ápice, fijando con la ayuda del tope de goma la distancia entre estos puntos la cual será medida con una regla milimetrada.

**4. Elementos de registros:** los datos serán registrados de forma inmediata en tablas del programa Microsoft Excel (Anexo 7).

## VII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos se distribuyeron de forma normal. Por ello se utilizó:

- Para exactitud:
  - **Test de Anova de un factor en bloques o modelo general lineal** (ver Anexo 8.1): para comparar los LAEs entre sí. Donde  $p < 0.05$  es significativo estadísticamente.
  - **Test “t” de Student** (ver Anexo 8.2): para muestras pareadas. Con él se determinó la exactitud de las mediciones. Donde  $p < 0.05$  es significativo estadísticamente o bien, es la probabilidad de aceptar la hipótesis nula cuando es  $> 0.05$ .
- Para precisión:
  - **Test de Levene** (ver Anexo 8.3): para establecer la homogeneidad de las varianzas (homocedasticidad). Donde  $p < 0.05$  es significativo estadísticamente.
  - **Coefficiente de variación**: para determinar la variabilidad de la muestra en cada grupo y compararlas entre sí.
- Se utilizó el programa EXCEL y MINITAB versión 14.0 para realizar el análisis estadístico.

## VIII. RESULTADOS.

Considerando sólo los dientes con datos completos (38 dientes) las mediciones realizadas con los localizadores apicales tuvieron una media de 20.48 mm, 20.67mm y 20.42 mm para el Propex II, Root ZX y Root SW, respectivamente. Además, se estableció que la media de la ubicación de la constricción apical desde el ápice fue de 0.74 mm.

### 1. Comparación de los LAES entre sí.

#### 1.1 Test ANOVA con un $\alpha$ de 0.05 utilizando MINITAB 14.0.

##### 1.1. a ANOVA en bloque (diente) y un factor (localizadores).

Figura 65. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<b>Hipótesis de trabajo:</b>  - <i>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</i> las varianzas (en mm) son iguales en todos los grupos (PropexII, Root ZX y Root SW).  - <i>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</i> las varianzas (en mm) es diferente para algún par de LAE's (Propex II - Root ZX, Root SW - Root ZX, Propex II – Root SW).	<b>Hipótesis estadística:</b>  - $H_0: \mu \text{ Propex II} = \mu \text{ Root ZX} = \mu \text{ Root SW.}$  - $H_1: \mu \text{ Propex II} \neq \mu \text{ Root ZX} \neq \mu \text{ Root SW.}$

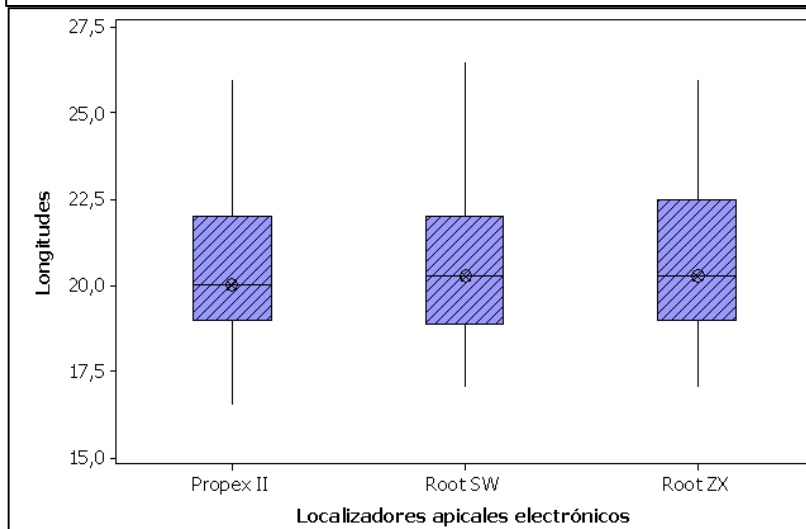
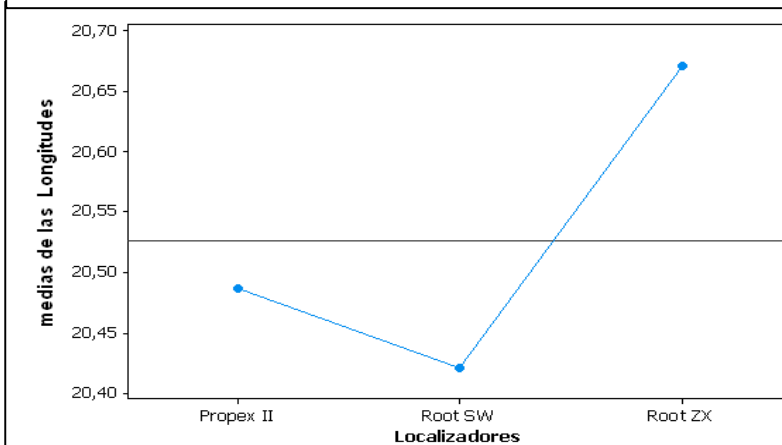
- El estadístico F (Fisher) <sup>6</sup> observado fue 3.57 mientras que el F crítico de 3.12 entre los grupos de tratamiento (localizadores), la probabilidad (P) de aceptar  $H_0$  fue de un 3.3%.
- Entre los bloques de tratamiento (dientes) el estadístico F observado fue 70.92, a su vez el F crítico 1.55, siendo la probabilidad (P) de aceptar  $H_0$  de un 0%. Por lo tanto en ambos casos se rechaza la Hipótesis nula (ver Tabla IV) (ver Gráficos 1 y 2).

<sup>6</sup> El estadístico F es el resultado del test ANOVA. También se le denomina F observado. El F crítico, se determina según los grados de libertad, ya sea entre los grupos de tratamientos, bloques y sus respectivas sumas de cuadrados. Cuando el observado es mayor que el crítico significa que el valor determinado queda fuera del 90% de la curva de distribución normal.

**Tabla IV.** ANOVA en bloque y un factor.

Fuente de variación	Grados de libertad	SeqSS (suma de cuadrados)	Adj SS	Adj MS (cuadrado medio)	F	P
Entre grupos de tratamiento (localizadores)	2	1,276	1,276	0,638	3,57	0,033
Entre bloques (Diente)	37	468,921	468,921	12,674	70,92	0,000
Error de muestreo	74	13,224	13,224	0,179		
Total	113	483,421				

**Gráfico 1.** Medias de cada LAE realizado por MINITAB 14.0 ®.



## 1.2 Coeficientes de variación.

El coeficiente de variación fue menor para el Propex II (9.98 %), mientras que el mayor lo obtuvo el Root SW (10.44%). El del Root ZX fue 10.03%.

## 1.3 Test para igualdad de varianzas:

Figura 66. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</i> la varianza (en mm) es igual para todos los grupos (Propex II, Root ZX y Root SW).</li> <li>- <i>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La varianza (en mm) es distinta en algunos grupos.</li> </ul>	<p><b>Hipotesis estadística:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- H<sub>0</sub>: S<sup>2</sup> Propex II= S<sup>2</sup> Root ZX = S<sup>2</sup> Root SW.</li> <li>- H<sub>1</sub>: S<sup>2</sup> Propex II ≠ S<sup>2</sup> Root ZX ≠ S<sup>2</sup> Root SW.</li> </ul>

### 1.3. a Test de Levene.

a. *Test estadístico:* 0.04.

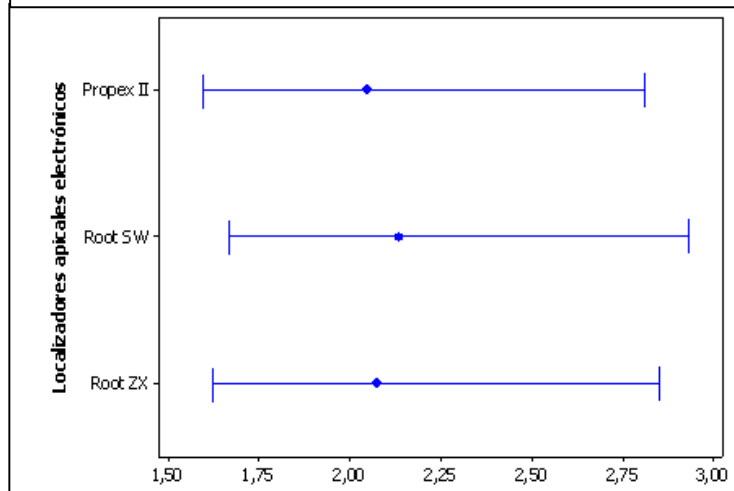
b. *P valor:* 0.963

- Por lo tanto se acepta la Hipótesis nula (ver Gráfico 3) (ver Tabla V).

**Tabla V.** Desviación estándar de cada LAE. Valores mínimos y máximos

Localizadores	N	Min	Dev. Est.	Máx
Propex II	38	1,59674	2,4506	2,81119
Root SW	38	1,66503	2,13252	2,93143
Root ZX	38	1,61925	2,07389	2,85083

**Gráfico 3.** Intervalo de confianza para test de varianzas iguales realizado por MINITAB 14.0 ®.



## 2. Test T Student para muestras pareadas con un $\alpha$ de 0.05 para:

### 2.1. Propex II vs Root ZX / Root SW.

Figura 67. Hipótesis de trabajo y estadística	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Propex II es igual a la media del Root ZX / Root SW.</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Propex II es diferente a la media del Root ZX/ Root SW.</p>	<p><b>Hipótesis estadística:</b></p> <p>- <math>H_0</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> LT Propex II = <math>\mu</math> LT Root ZX. 2) <math>\mu</math> LT Propex II = <math>\mu</math> LT Root SW.</p> <p>- <math>H_1</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> LT Propex II <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Root ZX. 2) <math>\mu</math> LT Propex II <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- En el primer caso el estadístico  $T^7$  fue -1,90, la probabilidad  $[P(T \leq t)]$  de aceptar  $H_0$  fue de un 6.5%.
- Mientras que en el segundo, el estadístico T fue 0.57, la probabilidad  $[P(T \leq t)]$  de aceptar  $H_0$  fue de un 57.06%. En ambos casos se acepta  $H_0$ .

<sup>7</sup> El estadístico T es el resultado del test T Student, también se le denomina T observado. Este se compara con los puntos críticos, que dividen la curva normal en una región de aceptación de la hipótesis nula y una de rechazo. A estas últimas se les conoce como colas. Cuando el T observado es mayor que el punto crítico significa que el valor determinado queda fuera del 90% de la curva de distribución normal.

## 2. 2 Root ZX vs Root SW.

Figura 68. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>- <i>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</i> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Root ZX es igual a la media del Root SW.</p> <p>- <i>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Root ZX es diferente a la media del Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- H<sub>0</sub>: <math>\mu</math> LT Root ZX = <math>\mu</math> LT Root SW</p> <p>- H<sub>1</sub>: <math>\mu</math> LT Root ZX <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- El estadístico T fue 3.34 la probabilidad [P (T<=t)] de aceptar H<sub>0</sub> fue de un 0.19%. Por lo cual, se rechaza la Hipótesis nula surgiendo lo siguiente:

Figura 69. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>- <i>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</i> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Root ZX es menor o igual a la media del Root SW.</p> <p>- <i>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La media (en mm) de la longitud de trabajo del Root ZX es mayor o igual a la media del Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- H<sub>0</sub>: <math>\mu</math> LT Root ZX <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p> <p>- H<sub>1</sub>: <math>\mu</math> LT Root ZX <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- La probabilidad [P (T<=t)] de aceptar H<sub>0</sub> fue de un 0.09%. Por ende, se rechaza la Hipótesis nula.

## 3. Comparación de las longitudes calculadas por la fórmula entre si.

### 3.1 Promedios y coeficiente de variación de la fórmula radiográfica determinada por los LAEs.

**3.1. a Promedios:** Según el cálculo realizado por la fórmula radiográfica para la determinación de la longitud de trabajo, el promedio fue de 18.93 mm para Propex II y Root SW, mientras que 18.85 mm para el Root ZX.

El Promedio de la diferencia entre la medición del localizador apical y los valores obtenidos en la fórmula radiográfica fue 0.86 mm, 0.88 mm y 1.01 mm para el Propex II, Root ZX y Root SW, respectivamente.

**3.1. b Coeficiente de variación:** Presenta un mayor valor el Root SW (69,19%), y menor el Root ZX (48.93%). Mientras que el Propex II fue de 55.92 %.

**3.2 ANOVA en bloque (diente) y un factor (longitudes calculadas por fórmula).**

<b>Figura 70.</b> Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo</u></b></p> <p>- <i>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</i> la varianza (en mm) es igual para todos los grupos (Propex II, Root ZX y Root SW).</p> <p>-<i>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La varianza (en mm) es distinta en algunos grupos.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística</u></b></p> <p>- H<sub>0</sub>: S<sup>2</sup> LT fórmula Propex II = S<sup>2</sup> LT fórmula Root ZX = S<sup>2</sup> LT fórmula Root SW.</p> <p>- H<sub>1</sub>: S<sup>2</sup> LT fórmula Propex II ≠ S<sup>2</sup> LT fórmula Root ZX ≠ S<sup>2</sup> LT fórmula Root SW.</p>

- Entre los grupos de tratamiento (localizadores) el estadístico F fue 0.74, la probabilidad (P) de aceptar H<sub>0</sub> fue de un 47.8%. En este caso se acepta la Hipótesis nula (ver Tabla VI y Gráfico 4)).
- En cambio para los bloques de tratamiento (dientes) el estadístico F fue 138.94 siendo la probabilidad (P) de aceptar H<sub>0</sub> de un 0%. Así se rechaza la Hipótesis nula.

**Tabla VI.** ANOVA en bloque y un factor para comparar las longitudes calculadas por la fórmula por cada LAE.

Fuente de variación	Grados de libertad	SeqSS (suma de cuadrados)	Adj SS	Adj MS (cuadrado medio)	F	P
Entre grupos de tratamiento (Fórmula)	2	0,158	0,158	0,079	0,74	0,478
Entre bloques (Diente)	37	544,783	544,783	14,724	138,94	0,000
Error	74	7,842	7,842	0,106	-----	-----
Total	113	552,783	-----	-----	-----	-----

**Gráfico 4.** Boxplot de longitudes calculadas mediante la fórmula por cada LAE realizado por MINITAB 14.0 ®.



### 3.3 Test T Student para muestras pareadas con un $\alpha$ de 0.05 para: “Comparación de las longitudes de trabajo medidas con los localizadores apicales vs las resultantes de la fórmula”.

#### 3.3. a Propex II vs Fórmula; Root ZX Vs Fórmula; Root SW vs Fórmula.

**Figura 71.** Hipótesis de trabajo y estadística.

<u>Hipótesis de trabajo:</u>	<u>Hipótesis estadística:</u>
<p>- <b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo para los 3 LAEs es igual a la media del cálculo de la longitud de trabajo resultante de la fórmula.</p> <p>-<b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo para los 3 LAEs es diferente a la media del cálculo de la longitud de trabajo resultante de la fórmula.</p>	<p>- <math>H_0</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> LT Propex II = <math>\mu</math> LT fórmula.</li> <li>2) <math>\mu</math> LT Root ZX = <math>\mu</math> LT fórmula.</li> <li>3) <math>\mu</math> LT Root SW = <math>\mu</math> LT fórmula.</li> </ol> <p>- <math>H_1</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> LT Propex II <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.</li> <li>2) <math>\mu</math> LT Root ZX <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.</li> <li>3) <math>\mu</math> LT Root SW <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.</li> </ol>

- Propex II: T fue 11.02 la probabilidad [P (T<=t)] de aceptar  $H_0$  fue de un 3.021E-13%.
- Root ZX: T fue 12.59, asimismo la P (T<=t) fue de un 5.9587E-15%.
- Root SW: T fue 9.01, P (T<=t) de un 7.1554E-11%. Por lo tanto, en todos los casos se rechaza la Hipótesis nula. Surgiendo:

Figura 72. Hipótesis de trabajo y estadística.

<u>Hipótesis de trabajo:</u>	<u>Hipótesis estadística:</u>
<p><b>-Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo de los 3 LAE s es menor o igual a la media del cálculo de la longitud de trabajo resultante de la fórmula.</p> <p><b>- Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</b> La media (en mm) de la longitud de trabajo de los 3 LAEs es mayor o igual a la media del cálculo de la longitud de trabajo resultante de la fórmula.</p>	<p><b>- H<sub>0</sub>:</b></p> <p>1) <math>\mu</math> LT Propex II <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.                  2) <math>\mu</math> LT Root ZX <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.                  3) <math>\mu</math> LT Root SW <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula.</p> <p><b>- H<sub>1</sub>:</b></p> <p>1) <math>\mu</math> LT Propex II <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula.                  2) <math>\mu</math> LT Root ZX <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula.                  3) <math>\mu</math> LT Root SW <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula.</p>

- P (T<=t) <sup>8</sup>de aceptar H<sub>0</sub> fue de un 1.5105E-13 %, 2.9794E-15% y 3.5777E-11 % para el Propex II, Root ZX y Root SW respectivamente. Por lo tanto, en todos los casos se rechaza la Hipótesis nula.
- Siendo el coeficiente de correlación de Pearson de 0.92, 0.91 y 0.89 para cada LAE respectivo.

**3.4 Test T Student para muestras pareadas con un  $\alpha$  de 0.05 para: “Comparación de las diferencias entre las longitudes de trabajo medida por los localizadores apicales vs las longitudes de trabajo calculadas por la fórmula”.**

**3.4. a Diferencia Propex II vs Diferencia Root ZX; Diferencia Root ZX vs Diferencia Root SW.**

Figura 73. Hipótesis de trabajo y estadística.

<u>Hipótesis de trabajo:</u>	<u>Hipótesis estadística:</u>
<p><b>- Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</b> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II/Root ZX es igual a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root ZX/Root SW.</p> <p><b>- Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</b> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II/Root ZX es distinta a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root ZX/Root SW.</p>	<p><b>- H<sub>0</sub>:</b></p> <p>1) <math>\mu</math> (LT Propex II –fórmula) = <math>\mu</math> (LT Root ZX–fórmula)                  2) <math>\mu</math> (LT Root ZX –fórmula) = <math>\mu</math> (LT Root SW–fórmula).</p> <p><b>- H<sub>1</sub>:</b></p> <p>1) <math>\mu</math> (LT Propex II –fórmula) <math>\neq</math> <math>\mu</math> (LT Root ZX –fórmula)                  2) <math>\mu</math> (LT Root ZX –fórmula) <math>\neq</math> <math>\mu</math> (LT Root SW –fórmula)</p>

<sup>8</sup>P significa probabilidad, si P es <0.05 o 50% se rechaza la hipótesis nula.

- Para el primer caso T fue -2.47.
- Para el segundo, T fue 2.56, P (T<=t) de aceptar Ho fue de un 1.79 % y 1.45 % respectivamente. En ambos se rechaza la Hipótesis nula. Surgiendo:

Figura 74. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p><i>-Hipótesis nula (Ho):</i> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II/Root ZX es mayor o igual a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root ZX/Root SW.</p> <p><i>- Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II/Root ZX es menor o igual a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root ZX/Root SW</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- Ho:</p> <p>1) <math>\mu</math> (LT Propex II – LT fórmula) <math>\geq</math> <math>\mu</math> (LT Root ZX– LT fórmula).</p> <p>2) <math>\mu</math> (LT Root ZX – LT fórmula) <math>\leq</math> <math>\mu</math> (LT Root SW– LT fórmula).</p> <p>- H<sub>1</sub>:</p> <p>1) <math>\mu</math> (LT Propex II – LT fórmula) <math>&lt;</math> <math>\mu</math> (LT Root ZX– LT fórmula).</p> <p>2) <math>\mu</math> (LT Root ZX – LT fórmula) <math>&gt;</math> <math>\mu</math> (LT Root SW– LT fórmula).</p>

- Para el primer y segundo caso, P (T<=t) fue de un 0.89% y 0.72 % de aceptar Ho respectivamente. Por lo tanto, en ambos se acepta la Hipótesis nula.

### 3.4. b Diferencia Propex II vs diferencia Root SW.

Figura 75. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p><i>- Hipótesis nula (Ho):</i> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II es igual a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root SW.</p> <p><i>- Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</i> La media (en mm) de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Propex II es distinta a la media de la diferencia entre la medición de la longitud de trabajo realizada por el Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- Ho: <math>\mu</math> (LT Propex II– LT fórmula) = <math>\mu</math> (LT Root SW– LT fórmula).</p> <p>- H<sub>1</sub>: <math>\mu</math> (LT Propex II– LT fórmula) <math>\neq</math> <math>\mu</math> (LT Root SW – LT fórmula).</p>

- En este caso P (T<=t) de aceptar Ho fue de un 63.05 %. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula.

#### 4. Medición dentaria con pie de metro y LAEs.

Al medir los dientes con el pie de metro la longitud media fue de 20.91 mm. Mientras que el promedio de la diferencia entre este instrumento y los localizadores apicales fue de 0.97 mm para el Propex II y Root SW, a su vez 1.05 mm para el Root ZX.

#### 4.1 Test T Student para muestras pareadas con un $\alpha$ de 0.05 para: “Comparación de las longitudes medidas con el pie de metro vs las longitudes reales de los dientes (LRD) calculadas en la radiografía”.

##### 4.1. a Pie de metro vs LRD Propex II / LRD Root ZX/ LRD Root SW.

Figura 76. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) de los dientes es igual a la calculada en la fórmula (LRD) al utilizar Propex II/Root ZX/Root SW</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) de los dientes es distinta a la calculada en la fórmula (LRD) al utilizar Propex II/Root ZX/Root SW</p>	<p><b>Hipótesis estadística:</b></p> <p>- <math>H_0</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro = <math>\mu</math> LRD Propex II.</li> <li>2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro = <math>\mu</math> LRD Root ZX.</li> <li>3) <math>\mu</math> Long. Pie de metro = <math>\mu</math> LRD Root SW.</li> </ol> <p>- <math>H_1</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\neq</math> <math>\mu</math> LRD Propex II.</li> <li>2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\neq</math> <math>\mu</math> LRD Root ZX.</li> <li>3) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\neq</math> <math>\mu</math> LRD Root SW.</li> </ol>

- Para LRD del Propex II, Root ZX y Root SW, T fue 10.53, 11.88 y 13.36 respectivamente. P ( $T \leq t$ ) de aceptar  $H_0$  fue de un 1.0908E-12%, 3,3578E-14% y 9.8101E-16% para cada LAE. Por lo tanto en todos los casos se rechaza la Hipótesis nula. Surgiendo lo siguiente:

Figura 77. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el pie de metro es menor o igual a la media del cálculo de la longitud real del diente al emplear el Propex II/Root ZX/ Root SW</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el pie de metro es mayor o igual a la media del cálculo de la longitud real del diente al emplear el Propex II/Root ZX/ Root SW</p>	<p><b>Hipótesis estadística:</b></p> <p>- <math>H_0</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\leq</math> <math>\mu</math> LRD Propex II</li> <li>2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\leq</math> <math>\mu</math> LRD Root ZX.</li> <li>3) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\leq</math> <math>\mu</math> LRD Root SW.</li> </ol> <p>- <math>H_1</math>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LRD Propex II</li> <li>2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LRD Root ZX.</li> <li>3) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LRD Root SW.</li> </ol>

- $P (T \leq t)$  de aceptar  $H_0$  fue de un 5.4538E-13%, 1.6789E-14% y 4.905E-16% para el Propex II, Root ZX y Root SW, respectivamente. Por lo tanto, en todos los casos se rechaza la Hipótesis nula.

#### 4.2 Test T Student para muestras pareadas con un $\alpha$ de 0.05 para: “Comparación de las longitudes medidas con el pie de metro vs las longitudes de trabajo calculadas por los LAEs”.

##### 4.2. a Pie de metro vs Propex II/ Root SW

Figura 78. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) de los dientes es igual al utilizar Propex II/ Root SW.</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) de los dientes es distinta al utilizar Propex II/ Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- <math>H_0</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro = <math>\mu</math> LT Propex II. 2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro = <math>\mu</math> LT Root SW.</p> <p>- <math>H_1</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Propex II. 2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- Para el Propex II, el estadístico T fue 3.80 la probabilidad  $[P (T \leq t)]$  de aceptar  $H_0$  fue de un 0.05%.
- Para el Root SW, T de 3.26. Mientras que  $P (T \leq t)$  fue de un 0.23%. Por lo tanto, en ambos casos se rechaza la Hipótesis nula resultando lo siguiente:

Figura 79. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>-<b>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el pie de metro es menor o igual a la media de las longitudes de trabajo del Propex II/Root SW.</p> <p>-<b>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el pie de metro es mayor o igual a la media de las longitudes del Propex II/ Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- <math>H_0</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT Propex II. 2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p> <p>- <math>H_1</math>:</p> <p>1) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT Propex II. 2) <math>\mu</math> Long. Pie de metro <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- Para el Propex II, la probabilidad  $[P (T \leq t)]$  fue de un 0.02%.

- Para el Root SW,  $P(T \leq t)$  fue de un 0.11%. En ambos casos se rechaza la Hipótesis nula.

#### 4.2. b Pie de metro vs Root ZX.

Figura 80. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) es igual a la media al utilizar Root ZX.</li> <li>- <i>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el pie de metro (en mm) es distinta a la media al utilizar Root ZX.</li> </ul>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>H_0: \mu \text{ Long. Pie de metro} = \mu \text{ LT Root ZX.}</math></li> <li>- <math>H_1: \mu \text{ Long. Pie de metro} \neq \mu \text{ LT Root ZX.}</math></li> </ul>

- El estadístico T fue 1.82, la probabilidad [ $P(T \leq t)$ ] de aceptar  $H_0$  fue de un 7.6%. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula.

### 5. Test T Student para muestras pareadas con un $\alpha$ de 0.05 para: “Comparación de las longitudes calculadas con el CBCT<sup>9</sup> vs las medidas por los localizadores apicales”.

#### 5.1 CBCT vs Propex II; CBCT vs Root ZX.

Figura 81. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el CBCT (en mm) es igual a la calculada al utilizar Propex II o Root ZX.</li> <li>- <i>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el CBCT(en mm) es distinta a la calculada al utilizar Propex II o Root ZX.</li> </ul>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>H_0: 1) \mu \text{ Long. CBCT} = \mu \text{ LT Propex II.}</math> 2) <math>\mu \text{ Long. CBCT} = \mu \text{ LT Root ZX.}</math></li> <li>- <math>H_1: 1) \mu \text{ Long. CBCT} \neq \mu \text{ LT Propex II.}</math> 2) <math>\mu \text{ Long. CBCT} \neq \mu \text{ LT Root ZX.}</math></li> </ul>

- Para Propex II, T fue -2.89,  $P(T \leq t)$  de aceptar  $H_0$  fue de un 0.63 %.

<sup>9</sup> CBCT corresponde a tomografía computarizada de haz cónico

- Para Root ZX, T de -3.90, P (T<=t) fue de un 0.03 %. Rechazando la hipótesis nula en ambos casos. Apareciendo la siguiente hipótesis:

<b>Figura 82.</b> Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el CBCT es mayor o igual a la media de ambos LAEs.</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</b> La media (en mm) de las longitudes medidas con el CBCT es menor o igual a la media de ambos LAEs.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>Ho: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\geq</math> <math>\mu</math> LT Propex II. 2) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\geq</math> <math>\mu</math> LT Root ZX.</p> <p>H<sub>1</sub>: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>&lt;</math> <math>\mu</math> LT Prope 2) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>&lt;</math> <math>\mu</math> LT Root ZX.</p>

- P (T<=t) de aceptar Ho en Propex II fue de un 0.31% para Root ZX 0.01%. Por ende, se rechaza la Hipótesis nula en ambos casos.

## 5.2. CBCT vs Root SW.

<b>Figura 83.</b> Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b><u>Hipótesis de trabajo:</u></b></p> <p>- <b>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):</b> La media de las longitudes medidas con el CBCT (en mm) es igual a la calculada al utilizar Root SW.</p> <p>- <b>Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):</b> La media de las longitudes medidas con el CBCT (en mm) es distinta a la calculada al utilizar Root SW.</p>	<p><b><u>Hipótesis estadística:</u></b></p> <p>- Ho: <math>\mu</math> Long. CBCT = <math>\mu</math> LT Root SW.</p> <p>- H<sub>1</sub>: <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT Root SW.</p>

- El estadístico T fue -1.67, la probabilidad [P (T<=t)] de aceptar Ho fue de un 10.2%. Así se acepta la Hipótesis nula.

**6. Test T Student para muestras pareadas con un  $\alpha$  de 0.05 para: “CBCT vs fórmula Propex II; CBCT vs fórmula Root ZX; CBCT vs fórmula Root SW”.**

Figura 84. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <p>- <i>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el CBCT (en mm) es igual al realizar la fórmula para el cálculo de la longitud de trabajo con los tres LAEs.</p> <p>- <i>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</i> La media de las longitudes medidas con el CBCT (en mm) es distinta al realizar la fórmula para el cálculo de la longitud de trabajo con los tres LAEs.</p>	<p><b>Hipótesis estadística:</b></p> <p>- <math>H_0</math>: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT = <math>\mu</math> LT fórmula Propex II.                  2) <math>\mu</math> Long. CBCT = <math>\mu</math> LT fórmula Root ZX.                  3) <math>\mu</math> Long. CBCT = <math>\mu</math> LT fórmula Root SW.</p> <p>- <math>H_1</math>: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Propex II.                  2) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root ZX.                  3) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\neq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root SW.</p>

- Para LT fórmula (Propex II, Root ZX y Root SW) T fue 13.49, 15.32 y 17.11 (respectivamente). P ( $T \leq t$ ) de aceptar  $H_0$  fue de un 7.3201E-16 %, 1.3355E-17 % y 3.6386E-19 % (en cada situación). Por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula en los 3 casos. Surgiendo las siguientes hipótesis:

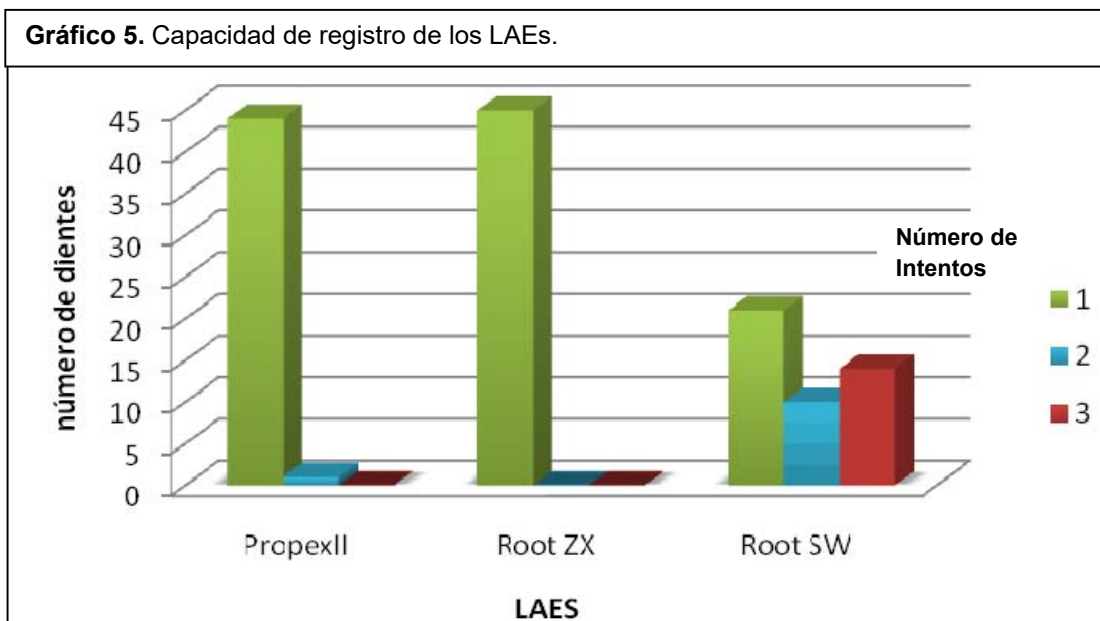
Figura 85. Hipótesis de trabajo y estadística.	
<p><b>Hipótesis de trabajo:</b></p> <p><i>Hipótesis nula (<math>H_0</math>):</i> La media (en mm) de las longitudes medidas con el CBCT es menor o igual a la media de la fórmula al utilizar los tres localizadores.</p> <p><i>Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>):</i> La media (en mm) de las longitudes medidas con el CBCT es mayor o igual a la media de la fórmula al utilizar los tres localizadores.</p>	<p><b>Hipótesis estadística:</b></p> <p>- <math>H_0</math>: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Propex II.                  2) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root ZX.                  3) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>\leq</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root SW.</p> <p>- <math>H_1</math>: 1) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula Propex II.                  2) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root ZX.                  3) <math>\mu</math> Long. CBCT <math>&gt;</math> <math>\mu</math> LT fórmula Root SW.</p>

- Para LT fórmula (Propex II, Root ZX y Root SW) P ( $T \leq t$ ) de aceptar  $H_0$  fue de un 3.66E-16%, 6.6774E-18% y 1.8193E-19% (en cada LAE). En todos los casos se rechaza la Hipótesis nula.

## 7. Capacidades de registro:

Se obtuvieron los siguientes resultados en los 45 dientes empleados:

- El Root ZX leyó siempre (100%) en el primer intento. Mientras que el Propex II fue de un 98%, y el Root SW un 47%. Este último presentó un 22.2% de lecturas por segunda intención y 31.1% en una tercera oportunidad (ver Gráfico 5).



## IX. DISCUSIÓN.

El tratamiento endodóntico requiere de una gran habilidad del tratante. Este debe ser capaz de emplear los instrumentos de la mejor forma, sin embargo no basta sólo con esta condición para realizar un tratamiento correcto, pues los conductos dentarios son estructuras que no se encuentran a simple vista, por lo que es estrictamente necesario el apoyo mediante diferentes elementos complementarios como la radiografía y localizadores apicales, ya que estos nos permiten “ver” lo que nuestros ojos no pueden observar.

Dentro de las etapas del tratamiento endodóntico (preparación biomecánica y obturación), el establecer la localización del CDC se transforma en un pilar fundamental que determinará el éxito o fracaso del mismo, por lo que en este estudio se busca establecer el elemento diagnóstico que mejor nos entrega información, en relación a esta zona anatómica tan importante para ejecutar una adecuada endodoncia.

Hasta hace poco tiempo, la imagen radiográfica se consideraba el método tradicional en la determinación de la longitud de trabajo; sin embargo, mediante este tipo de imagen es difícil lograr resultados exactos y precisos de la ubicación del CDC, debido a que la unión cemento-dentina no se puede determinar a partir de una radiografía, pues esta zona anatómica puede variar en relación a la ubicación del foramen mayor (López, F., 2004).

Así, al determinar las medias de las mediciones de la longitud de trabajo obtenidas por la fórmula de Bregman y las de los localizadores apicales, podemos decir que las primeras obtuvieron valores menores en comparación a los 3 LAEs, registrando en promedio diferencias de 0.86 mm., 0.88 mm. y 1.01 mm. con el Propex II, Root ZX y Root SW, respectivamente. Siendo estas diferencias estadísticamente significativas y quedando siempre las radiografías más alejadas del CDC que los localizadores apicales. Complementando lo anterior, se ha concluido que los LAEs son más exactos que el método radiográfico, llegando a convenirse que cuando se utilizan las radiografías son innecesarias para determinar la longitud de trabajo (Kaufman, 2002 citado en Ochoa, 2006).

Estas diferencias entre los LAEs y las radiografías son bastante notorias, pues si comparamos las coincidencias entre las medidas obtenidas mediante la fórmula radiográfica y los LAEs, podemos mencionar que de los dientes con la constricción apical a 0.8 mm del ápice, sólo el 8.3% de las mediciones calculadas con la fórmula utilizando el Propex II y el Root ZX coincidieron. Cabe señalar que con el Root SW no se obtuvo coincidencia. Por lo tanto, en este caso los valores radiográficos obtenidos siempre quedaron cortos al determinar la longitud de trabajo.

Ahora bien, de los dientes que presentaron la constricción apical a 0.89 y 0.5 mm; el 8.3% (en ambos casos) de las mediciones calculadas con la fórmula utilizando el Propex II, Root ZX, Root SW demostraron coincidencia.

Por lo tanto, generalmente existió una diferencia entre las mediciones obtenidas radiográfica y electrónicamente, siendo las de la fórmula radiográfica menos precisas al encontrar el CDC, pues quedaban más alejadas de esta zona en contraste con los LAEs, encontrándose mayoritariamente cortas. Así, los LAEs, resultan ser un método más preciso para la determinación de la longitud de trabajo. Además, se puede apreciar que el método radiográfico no logra reproducir la conductometría electrónica, a pesar de utilizarse la técnica del paralelismo (Brizuela, 2009).

Lo mencionado anteriormente, se ve avalado con el estudio realizado por Dagenais (2008), donde se plantea que la constricción apical fue identificada exactamente en el 57% de las determinaciones electrónicas de la longitud de trabajo y sólo en el 43% de las radiográficas. A su vez, Ruiz de Temiño & Barasona (1996) explican que la fiabilidad de los localizadores electrónicos de ápice de doble frecuencia para determinar la constricción apical, es superior al método radiográfico (Forner, 1998).

Sin embargo, el método electrónico no sustituye a las radiografías: se complementan con ellas. Es más, la radiografía es necesaria para los controles que se realizan durante los pasos restantes de la endodoncia, así como el pequeño porcentaje de casos en los que es imposible utilizar el localizador (Caviedes, 2006). Esto se reafirma con la investigación que realizó Dagenais (2008), quien postuló que las radiografías proporcionan información valiosa desde la corona hasta la raíz, mostrando ángulos y curvaturas del canal, que no se observan por medio de los localizadores apicales.

Si cotejamos las medias dadas por el pie de metro con las radiografías al calcular la longitud real del diente, observamos que en todo momento los valores reflejados por el pie de metro son mayores a los obtenidos radiográficamente, lo cual nos da un indicio de que éstos presentan una distorsión, entregando una imagen alterada, dificultando la obtención de una longitud de trabajo correcta. Esto lo afirma López (2004) donde ratifica que dicha distorsión podría llevar a un error del clínico en la determinación de la longitud de trabajo.

**En conclusión**, tanto la radiografía como los localizadores apicales, son un pilar fundamental al momento de realizar un tratamiento endodóntico.

Ahora bien, para establecer la localización exacta del límite CDC decidimos emplear la tomografía computarizada o "Scanex" como Gold Estándar, pues ésta nos permitió lograr una visión a escala y de forma sencilla de la constricción apical. De igual manera, logramos medir las longitudes desde el ápice al CDC directamente en las

imágenes (de modo único individual estandarizado) y observar diferentes cortes dentro del diente y elegir el que presentó una mejor imagen de la constricción.

Esta herramienta no ha sido empleada con anterioridad en estudios de éste tipo, para la determinación de la posición del CDC, por ello somos pioneras al utilizar este método complementario para estudiar la localización de la constricción apical. Otros estudios, generalmente, utilizan cortes histológicos (López, F. 2004), o bien microscopía electrónica para localizar el foramen mayor y posteriormente la constricción apical (Plotino, 2006).

Al comparar las medias dadas por las fórmulas radiográficas y las determinadas con CBCT en relación a la ubicación del CDC, observamos que los resultados entregados por las radiografías se encuentran cortos, lo cual confirmaría aún más la aseveración de que la radiografía es sólo un método complementario al momento de determinar la longitud de trabajo, siendo el LAE un método más exacto y preciso.

Si hablamos de exactitud nos referimos a la capacidad de un instrumento (LAE) de medir y entregar un valor real de la ubicación del CDC. A su vez, la precisión corresponde a la propiedad de un instrumento (LAE) de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

Así, determinaremos el mejor funcionamiento de un LAE de acuerdo a la eficacia, es decir cuando éste posea la capacidad de cumplir con el efecto que se desea o espera (RAE, 2010). En otras palabras, el que sea más preciso y más exacto.

Las longitudes medidas por los localizadores apicales Propex II y Root SW son menores a las obtenidas con el pie de metro, a diferencia de las dadas por el Root ZX, las cuales coinciden con la longitud real del diente. Lo anterior nos indica por lo tanto, que el Root ZX se encargaría de encontrar la longitud real del diente más que la longitud de trabajo. Esto es confirmado en López (2004) donde se determina que la tasa de precisión clínica del Root ZX fue de 96.2% en la localización del ápice

Por lo anterior, podríamos establecer que para el Root ZX sería necesario restarle 0,5 mm a las mediciones realizadas según las indicaciones del fabricante, para obtener la longitud de trabajo correcta y con esto, un adecuado funcionamiento, pues este LAE busca en mayor porcentaje el foramen apical más que el CDC. Esta conclusión no se encontraría tan errónea, ya que algunos autores plantean que los localizadores electrónicos de ápice tienen como propósito, la ubicación exacta del ápice radicular y no de la longitud de trabajo (Weine, 1997 citado en López, 2004). Esto es importante, pues en estudios recientes se encontró que el 50% de los dientes evaluados no tenían un CDC distinguible (Lee, 2002 citado en Guise 2010), siendo por lo tanto la constricción una marca histológica y no morfológica, por lo cual sería imposible detectar esta zona en algunos dientes (Kuttler, 1955 citado en Guise 2010).

Por otra parte, los conductos radiculares no siempre terminan en una constricción apical bien delimitada (Nekoofar, 2002 & Wuet, 2000, citados en Fan 2006).

Además, se ha sugerido que la mayoría de los localizadores apicales encontraría el foramen mayor, independiente de la existencia de un CDC detectable y que éste sería más reproducible para estudios de precisión en comparación a la constricción apical (Venturi, 2007).

Sin embargo, no concordamos con esta postura y consideramos que el objetivo de los LAEs es ubicar la posición más exacta del CDC o longitud de trabajo y estipulamos como correctas las mediciones que presentan una diferencia de 0,5 mm con las determinadas gracias al Gold Estándar y con el pie de metro.

Este pensamiento se apoya en que, generalmente, el CDC se encuentra +/- 0,5 mm - 1,0 mm del foramen apical, valor considerado como tolerancia clínica al momento de buscar la constricción apical y estimado como un rango aceptable de exactitud en la determinación de la longitud de trabajo (Caviedes, 2006). Además se establece que la distancia entre el foramen y la constricción apical es aproximadamente de 0.5 –1.0 mm para todos los tipos de dientes (Plotino, 2006).

Lo anterior concuerda ampliamente con los valores encontrados en nuestro trabajo en la ubicación exacta de CDC determinado por el CBCT, donde encontramos que el 31.58 % de los dientes presentó el CDC a 0.8 mm., el 36.84 % a 0.5 mm. y el 31.58 % a 0.89 mm. del ápice.

Al comparar las mediciones de todos los localizadores apicales, podemos decir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores entregados por éstos, pues al realizar la comparación en el test ANOVA entre las longitudes determinadas por los localizadores apicales, se establece que la varianza es distinta para los grupos.

Cabe mencionar que los 3 localizadores apicales lograron aciertos exactos en sólo 2 dientes y el resto de las mediciones nos indicaban la localización del CDC más cercana al ápice o bien en el mismo foramen mayor. Una de las explicaciones corresponde al empleo de alginato. Este presenta una viscosidad que puede alterar el modelo experimental, por tanto pueden haber quedado huecos en el espacio periapical, lo cual minimiza el contacto entre la lima y el alginato disminuyendo, por ende, la conductividad eléctrica generando así mediciones electrónicas más largas (Forner, 1998).

Lo mencionado anteriormente concuerda plenamente con lo manifestado por el coeficiente de variación, donde se observa claramente que el LAE más preciso es el Propex II. Además, demuestra el mayor porcentaje de aciertos frente a sus iguales. Sin embargo, los resultados obtenidos para el Root ZX en cuanto a aciertos de medición de la localización del CDC no concuerdan con lo mencionado en López (2004) donde se observó que entre el 79% y el 96.2% de las mediciones obtenidas con el Root ZX se encuentran en un rango de 0.5mm antes del ápice.

En relación a la exactitud, podemos decir que el localizador apical más exacto corresponde al Root SW, ya que, si bien no presenta el mayor porcentaje de aciertos, al comparar las medidas obtenidas por éste y nuestro Gold Estándar correspondiente ("Scanex"), es el único que presenta una media igual a la obtenida en las mediciones realizadas por el CBCT.

Tanto el Propex II como el Root ZX, presentaron una media mayor a la dada por el Gold Estándar, vale decir, que ambos entregarían como resultado valores superiores a los reales en la ubicación del CDC, o sea que nos darían mediciones más cercanas a lo que correspondería la longitud real del diente.

Al comparar la exactitud entre el Propex II y el Root ZX, podemos decir que presenta mejores resultados el Propex II, pues su media es más cercana a la dada por el Gold Estándar. Esto concuerda con Brizuela (2009) donde se plantea que durante la toma de conductometrías con Root ZX y Propex II, éste último posee mayor sensibilidad para detectar el límite apical y es tan confiable como Root ZX; esto dado por el porcentaje de coincidencia entre ambos. Del 100% de la muestra obtenida de las mediciones de ambos localizadores apicales, puede graficarse en un 68.42% de los casos una coincidencia exacta. Un 21.05% de los casos presentaron diferencias de medida dentro de 1 mm de diferencia y un 10.53% dentro de 0.5mm de discrepancia (Brizuela, 2009).

Esto contrastaría con los resultados mencionados en diferentes estudios donde se plantea que el Root ZX se ha convertido en el principal punto de referencia para la comparación con otros localizadores apicales (Bernardes, 2007).

Dagenais (2008), plantea que dentro de las 4 generaciones de localizadores apicales existentes a la fecha, los que presentan una mejor determinación de la longitud de trabajo son los de tercera generación. Dentro de ésta es el Root ZX, el que muestra mejores resultados, encontrándose en un rango entre 75 y 90,7% de efectividad.

Esto podría deberse principalmente a que en la literatura actual no se encuentran estudios que evalúen la acción del Root SW, además de la existencia bastante restringida de evaluaciones del Propex II, debido principalmente a su relativamente "nueva" incorporación al mercado.

Se considera por lo tanto, que el Root SW es el localizador más exacto. Sin embargo, al momento de la lectura presenta una gran desventaja, pues de los 45 dientes solo leyó en primera instancia el 47%, el 22,2% en segunda y el 31,1% restante en la última oportunidad. Además, de todos los dientes evaluados, en tres oportunidades se tuvo que repetir la conductometría tanto con el Root SW como con el Propex II, ya que las mediciones quedaron francamente cortas (en más de 3 mm de distancia con respecto al ápice).

Es importante mencionar que en un grupo de 7 dientes no se obtuvo una lectura por parte del Root SW, causa por la cual hubo que aumentar la muestra.

Lo dicho anteriormente contrasta enormemente con los otros 2 localizadores apicales, los cuales leyeron todos los dientes, teniendo el Propex II un 98% y el Root ZX un 100% de registros en primera instancia. En conclusión, se puede decir que el localizador apical más eficiente es el Root ZX. No obstante, el localizador apical de mejor funcionamiento al evaluar los diferentes puntos de investigación corresponde al Propex II.

Una de las razones por las cuales el Root SW, no leyó todos los dientes puede estar directamente relacionada con que este localizador apical es empleado hace algunos años por diferentes alumnos de pregrado en la Clínica A de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, los cuales por su inexperiencia podrían haberle dado un empleo inadecuado, asimismo del mal estado en el que se encuentra el cable que une el localizador apical a la pinza labial. Estas podrían ser las causas del funcionamiento incorrecto en relación al porcentaje de lecturas.

Los otros dos localizadores apicales, presentan características de empleo sumamente diferentes siendo el Root ZX utilizado solamente en la Clínica Post-grado de Endodoncia de la Facultad de Odontología en la Universidad de Valparaíso por odontólogos con experiencia y el Propex II es propiedad del Prof. Dr. Gastón Zamora A. quien nos lo facilitó para nuestro estudio.

En relación al manejo de los localizadores apicales, podemos mencionar que el más sencillo de emplear es el Root ZX, a diferencia del Root SW el que resultó engorroso, pues daba mediciones que no se mantenían fijas, costaba enormemente que marcara un valor, incluso a veces sin darlo, o bien se obtenía al mover la pinza labial de posición dentro del frasco o montando nuevamente los dientes.

El Propex II si bien no es complejo en su empleo, es un localizador apical más sensible que los anteriores a diferentes movimientos, por lo que costó obtener mediciones que se mantuvieran y no presentaran variaciones instantáneas por ejemplo, de ubicar correctamente el tope de goma en la lima.

## X. SUGERENCIAS

1. Una de las principales sugerencias consiste en realizar una investigación de similares características pero *in vivo*, comparando además dientes con pulpa vital y dientes con pulpa necrótica. De este modo, los resultados podrían ser completamente confrontables con el ejercicio clínico.
2. De igual forma, si no es posible realizar un estudio con pacientes, sugerimos emplear un material con mejores características de conducción que el alginato. Es así, como planteamos la idea de emplear Suero Fisiológico (Cloruro sódico al 0,9% disuelto en agua destilada), ya que se ha mencionado en diferentes estudios que es un líquido de mayor conductividad eléctrica que el hidrocoloide, dando registros más precisos.
3. Proponemos realizar más estudios experimentales en los localizadores apicales de origen oriental, ya que existe muy poca evidencia clínica acerca del funcionamiento de estos LAEs.
4. El empleo de la Tomografía Computarizada no ha sido explorado en este tipo de investigaciones a pesar de su gran efectividad al momento de determinar la constricción apical, por lo que se aconseja comenzar a emplear este recurso para obtener resultados óptimos en los estudios.
5. Encontramos interesante la idea de realizar un análisis con una muestra mayor a la mencionada en este trabajo, ya que poseería mayor validez.
6. Sería bastante llamativo realizar las mismas mediciones en dientes de diferentes características como premolares bi-radiculados o molares, pues son estos, principalmente los últimos, los que por sus múltiples conductos presentan mayores dificultades al momento de determinar longitudes de trabajo.
7. De acuerdo a los resultados de nuestro estudio, planteamos utilizar el Root ZX a 1 mm. menos de la longitud dada por la indicación "APEX", pues esto otorgaría mayor eficacia al momento de encontrar el CDC.
8. Sugerimos desmitificar el mal funcionamiento del instrumental chino, quedando de manifiesto que el Root SW se encuentra a un nivel bastante similar al mostrado por los localizadores apicales de uso tradicional.
9. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en nuestra investigación, animamos al empleo clínico del localizador apical Propex II, ya que fue el que presentó mejores resultados en cuanto a eficacia y validez, lo cual ayudaría a obtener tratamientos endodónticos más exitosos.

## **XI. LIMITACIONES**

1. Nos encontramos con tres localizadores apicales que presentaban diferentes condiciones de mantención y uso, por lo que el funcionamiento de estos presentó discrepancias al momento de lograr mediciones correctas.
2. Al ser una metodología in vitro, nos limito a extrapolar nuestros resultados a situaciones reales de tratamientos endodónticos.
3. Debido al tiempo dado para la experimentación, no se logró estudiar una muestra de mayor tamaño. Siendo de gran dificultad conseguir un número de dientes adecuado, ya que la casuística no fue favorable.
4. Escasa o nula información publicada, en relación a los localizadores apicales Propex II y Root SW respectivamente.

## XII. CONCLUSIONES

1. Si comparamos exactitud y precisión, nos damos cuenta de que el localizador apical más exacto es el Root SW. Sin embargo, el más preciso corresponde al Propex II, presentando de igual forma resultados aceptables en exactitud. Esto nos lleva a concluir que este último es el LAE más eficiente.
2. Al cotejar las longitudes de trabajo obtenidas por los diferentes localizadores apicales, concluimos que existe una diferencia estadísticamente significativa al compararlos entre sí.
3. Se establece que las longitudes de trabajo obtenidas a través de fórmulas radiográficas son diferentes a las dadas por los localizadores apicales, determinando valores más bajos. Éstos se encuentran alejados de la constricción apical y cercanos a la corona, razón por la que nos llevaría a ejecutar una PBM y obturación radicular cortas.
4. Al momento de comparar las longitudes reales de los dientes obtenidas por el pie de metro en contraste con las dadas radiográficamente, nos damos cuenta de que siempre existe una diferencia, obteniendo valores inferiores en esta última. Esto nos confirma la existencia de distorsión radiográfica, la cual afectaría al momento de tratar de estimar una longitud de trabajo correcta tanto in vitro como in vivo, pues nos entregaría valores incorrectos.
5. Cuando se cotejaron las mediciones obtenidas con el pie de metro y los diferentes localizadores apicales, se estimó que el Root ZX es el que muestra mediciones más cercanas a las entregadas por el pie de metro, lo cual confirmaría que, a diferencia de sus semejantes, es más efectivo al momento de determinar el foramen apical que el CDC.
6. Al contrastar las mediciones dadas por nuestro Gold Estándar y las determinadas por los LAEs, se establece que estas últimas fueron más cercanas al foramen apical.
7. Esta misma situación se repite al comparar las longitudes de trabajo obtenidas gracias a la fórmula radiográfica con el CBCT. En la mayoría de los casos observados las mediciones radiográficas quedaron cortas en comparación al Gold Estándar.
8. Al comparar los porcentajes de intentos de medición, se determina que el Root ZX obtuvo mejores porcentajes de éxito, en contraste con el Root SW, quien tuvo una capacidad de registro bastante deficiente, generando problemas al operador.

Según lo anteriormente expuesto **se rechaza nuestra Hipótesis.**

Por lo tanto:

**“EXISTE DIFERENCIA ESTADÍSTICA SIGNIFICATIVA ENTRE LOS  
LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS  
(ROOT ZX®, ROOT SW® Y PROPEX II®)  
PARA DETERMINAR CON EFICACIA EL LÍMITE CDC  
(CONSTRICCIÓN APICAL)”.**

### **XIII. RESUMEN.**

#### **Evaluación *In Vitro* de la eficacia de tres localizadores apicales (Root Zx®, Root Sw® Y Propex II®).**

**Introducción:** La Determinación de la constricción apical (CDC) o bien, de la longitud de trabajo, es el punto crítico para una endodoncia adecuada. En esto, los localizadores apicales (LAEs) son imprescindibles para un tratamiento exitoso. Sin embargo, no todos entregan valores correctos, siendo esencial, tal como en nuestra investigación determinar cual es más eficiente.

**Objetivo:** Evaluar exactitud y precisión de tres LAEs, en la determinación del CDC.

**Materiales y Método:** Fueron recolectados 45 dientes uni-radiculares. A estos se les midió con pie de metro, tomó radiografías (estudio) y realizó la conductrometría con Propex II, Root ZX y Root SW.

Luego de obtener las mediciones, se tomó una radiografía de control de longitud. Esta entregó valores que se consideraron como fórmula (método Bregman). Finalmente, los dientes se sometieron a Tomografía Computarizada Cone Beam para determinar el CDC (Gold estándar).

**Resultados:** Se utilizó el programa MINTAB®, realizando el test de Anova y t" de Student dando resultados estadísticamente significativos (F=3.57; F=70.92; p <0.05), el test de Bartlett y Levene sin significancia estadística.

**Conclusiones:** El LAE más exacto es el Root SW. Sin embargo, el más preciso corresponde al Propex II, presentando resultados aceptables en exactitud. Este último es el más eficiente.

**Palabras claves:** Localizadores apicales electrónicos, CDC, mediciones, fórmula.

#### XIV. BIBLIOGRAFÍA.

1. Argueta V. (2002): "Estudio in vitro acerca el grado de precisión del localizador de ápice electrónico Root ZX en piezas monoradiculares." Seminario de Tesis de licenciatura. Guatemala, Facultad de Odontología, Universidad Francisco Marrokin.
2. Bellón, J.(2009):" Pruebas de contraste de hipótesis para variables cuantitativas". [en línea].España, disponible en : <http://epidemiologiamolecular.com/pruebas-de-contraste-de-hipotesis-para-variables-cuantitativas/>[Accesado el día 7 de septiembre de 2009].
3. Bellón, J.(2010): "Prueba ANOVA: comparación de las medias de tres o más grupos" [en línea].España, disponible en : <http://epidemiologiamolecular.com/prueba-anova-comparacin-de-las-medias-de-tres-o-ms-grupos/> [Accesado el día 3 de enero de 2010].
4. Bernardes, A. Duarte, M. Vasconcelos, B. Moraes, I. Bernardineli, N. Garcia, R. Baldi, J.Bramante, C.( 2007):"Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30" . *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104, 91-94.
5. Brizuela, C. Maldini, M. Neumann, B. (2009): "Estudio comparativo, entre radiografía digital y dos localizadores de ápice electrónico: Root ZX y Propex II, en la medición de longitud del canal radicular". Canal Abierto 20; 31- 38.
6. Canavos, G. (1998).Probabilidad y estadística. España. McGraw-Hill Interamericana.
7. Caviedes, J. Ponce, A. Rondón, M.(2006): "Foramen apical y determinación de la longitud de trabajo" *Artículos de Revisión, Post grado de Endodoncia Pontificia Universidad Javeriana* [En línea]. Disponible en: [http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art\\_revison/revison\\_2006/i\\_a\\_revison22.html](http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art_revison/revison_2006/i_a_revison22.html)[Accesado el día 23 de Noviembre de 2009]. (código de campo cambiado).
8. Centro de Investigación y Desarrollo Estadístico (2010): "Test de Levene para Igualdad de Varianzas" [en línea]. Perú, disponible en: <http://cides-sanmarcos.blogspot.com/2010/05/test-de-levene-para-igualdad-de.html>[Accesado el día 18 de mayo de 2010].

9. Dagenais, M. (2008): "Electronic Apex Locators: An Evidence-Based Study" *The University of Toronto, Faculty of Dentistry* [en línea]. Canadá, disponible en: [http://www.utoronto.ca/dentistry/newsresources/evidence\\_based/EBReports08/X2\\_EBL\\_Report.pdf](http://www.utoronto.ca/dentistry/newsresources/evidence_based/EBReports08/X2_EBL_Report.pdf) [Accesado el día 23 de noviembre de 2004].
10. Diccionario de la lengua española RAE Vigésimo segunda edición [En línea]. Disponible en: <http://buscon.rae.es/drae/> [Accesado el día 13 de julio de 2010].
11. Elayouti, A. Kimionis, I. Chu, A. Lost, C. (2005): "Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study". *International Endodontic Journal*, 38, 827–833.
12. Fan, W. Fan, B. Gutmann, J. Bian, Z. Fan, M. (2006): "Evaluation of the accuracy of three electronic apex locator using glass tubules". *International Endodontic Journal*, 39:129 – 135.
13. Felipe, W. Felipe, M. Reyes, J. Crozoe, F. Alvisi, B. (2008): "Ex vivo evaluation of the ability of the ROOT ZX II to locate the apical foramen and to control the apical extent of rotary canal instrumentation". *International Endodontic Journal*, 41, 502–507.
14. Forner, L. Martínez, M. (1998): "Aportación metodológica de la longitud de trabajo en endodoncia". Seminario de Tesis de licenciatura. España, Facultad de Medicina y Odontología. Departamento de Estomatología. Universidad de Valencia.
15. Gordon, M. Chandler, N. (2004): "Review electronic apex locators". *International Endodontic Journal*, 37, 425–437.
16. Guise, G. Goodell, G. Imamura G.(2010) " In vitro Comparison of three Electronic Apex Locators". *Journal of Endodontics*, 36, 279-281.
17. Hor, D. Krusy, S. Attin, T. (2005): "Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies". *International Endodontic Journal*, 38, 855–859.
18. Instrucciones operacionales del Root ZX II de J. Morita MFG. Corp (2009) en *Jmoritusa*. [En línea]. Disponible en: [http://www.jmoritusa.com/Marketing/pdf/RootZXII\\_ifu.pdf](http://www.jmoritusa.com/Marketing/pdf/RootZXII_ifu.pdf) [Accesado el día 11 de octubre de 2009]
19. Instrucciones operacionales del Root SW manufacturado por **The Haikou Credit Dental Technology cp. LTD.**

20. Instructivo Propex (2009) en *Dentsply International*. [En línea]. Disponible en: <http://www.dentsply.com/assets/fedgov/PROPEX%20DFU.pdf> [Accesado el día 11 de octubre de 2009]
21. Kaufman A, Keila S, Yoshpe M. (2002): "Accuracy of a new apex locator: an in vitro study". *International Endodontic Journal*, 35, 186–192
22. López, F. Gómez, P. Ordóñez, A. Riachi, R. Torres, M. Niño, J. (2004): "Localizadores apicales: nuevas tecnologías en diagnóstico - Revisión de literatura". *Revista científica* 10.1 :61-67
23. López, F. Sperber, I. Niño, J. Tamayo, MC. (2004): "Determinación in vitro de la concordancia de tres localizadores apicales: Endex®, RootZX® y Bingo 1020® " *Revista científica* 10.2 :25-31
24. López, J. Niño, J. Garzon, M. (2007): "Determinación in vitro de la concordancia de tres localizadores apicales: BINGO-1020®, Justy II® y Propex ®." *Revista de la federación odontológica colombiana* 70.220:8-13.
25. Lugo, M. Abella, F. Bueno, R. Roig, M. (2009): "New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography". *International Endodontic Journal*. 42(6):463- 475.
26. Lumnije, K. Venton, H. Peter, S. (2007): "Determinación de la longitud de trabajo con tres diferentes localizadores apicales". *Acta estomatológica Croática* 41: 49-56.
27. Naranjo, R. Borzone, P. (2008) "Scanex, un centro imagenológico maxilofacial 3D" en *Maxilofacial Scanex* [En línea]. Disponible en: <http://www.maxilofacialscanex.cl> [Accesado el día 28 de Mayo de 2010]
28. Nekoofar, M. Ghandi, M. Hayes, S. Dummer, P. (2006): "The fundament operating principles of electronic root canal length measurement devices". *International Endodontic Journal*, 39: 595-609.
29. Norman, G. Streiner, D. (1994). *Bioestadistics*. Canadá, Mosby
30. Ochoa, C. Jiménez, A. (2006): "Localizadores apicales", *Artículos de Revisión, Post grado de Endodoncia Pontificia Universidad Javeriana* [En línea]. Disponible en: [http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/i\\_a\\_revision29.html](http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/i_a_revision29.html) [Accesado el día 20 de Agosto de 2009]

31. Pejoan, J. (2007): "Temas endoroot: monografías de la endodoncia" *Endoroot* [en línea]. España, disponible en : <http://www.endoroot.com/modules/news/article.php?storyid=57> [Accesado el día 23 de noviembre de 2004]
32. Pomés, V. (2001): "Localizadores Electrónicos de Ápice (LEA)"; **Canal Abierto** 3:4-5.
33. Plotino, G. Grande, N. Brigante, L. Lesti, B. Somma, F. (2006): "Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex." **International Endodontic Journal**, 39, 408–414.
34. Vachey, E. Lemagnen, G. Grislain, L. (2000): "Criterios de Elección Técnicos de un localizador electrónico de ápice". **Le Chirurgien Dentiste de France**. N° 1000 visto en **Canal Abierto** 3:6-7
35. Venturi, M. Breschi, L. (2007): "A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation". **International Endodontic Journal**, 40, 362–373.
36. Welk, A. Baumgartner, C. Marshall, G. (2003): "In vivo comparison of two frequency- based electronic apex locators". **J Endod** 29: 497-500

## XV. ANEXOS

### ANEXO 1

#### Glosario de términos.

1. **Ápice anatómico dentario:** parte final del diente.
2. **Ápice radiográfico:** parte final del diente vista en una radiografía.
3. **Cámara pulpar:** porción coronal del conducto radicular.
4. **Capacitancia:** Es la capacidad que tienen los conductores eléctricos de poder admitir cargas cuando son sometidos a un potencial. Se define también, como la razón entre la magnitud de la carga (Q) en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos (V). Es entonces la medida de la capacidad de almacenamiento de la carga eléctrica.
5. **Constricción apical o CDC:** zona de menor diámetro dentro del conducto principal donde termina la pulpa y comienza el ligamento periodontal. Correspondiendo anatómicamente a la unión cemento dentina.
6. **Conductimetría:** etapa clínica del tratamiento endodóntico que consiste en la medición en la radiografía de control de longitud de la distancia entre un punto de referencia coronal y otro en el ápice radicular del diente; constricción apical (véase en radiografía de control de longitud).
7. **Conducto radicular:** corresponde a la porción de la cavidad pulpar de la raíz de un diente, que se extiende desde la cámara pulpar hasta el agujero apical. Con fines didácticos este conducto se puede dividir en tres tercios como: tercio cervical, tercio medio y tercio apical, mientras que biológicamente se distinguen dos conformaciones, los conductos cementario y dentinario:
  7. a **Conducto cementario:** Porción del conducto radicular que posee una forma cónica invertida, cubierto de cemento y encontrándose su vértice en la unión con la porción dentinaria del conducto con base en el ápice radicular.
  7. b **Conducto dentinario:** zona del conducto radicular cubierta por dentina. Presenta su límite coronal en el piso cameral y su demarcación apical en el CDC.
8. **Corriente alterna:** Se denomina así a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal.

- 9. Corriente continua:** Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. A diferencia de la corriente alterna, en la continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.
- 10. Corriente eléctrica:** Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C·s<sup>-1</sup> (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio. Una corriente eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético.
- 11. Foramen apical:** Apertura final del conducto radicular.
- 12. Impedancia:** propiedad eléctrica inherente a todos los materiales o componentes electrónicos, y describe la oposición que ofrecen al paso de corriente alterna, a una frecuencia dada. Se define, a partir de la ley de Ohm, como el cociente entre la tensión aplicada al material, componente o circuito y la corriente resultante. Normalmente nos referimos a ella como impedancia compleja, y consta de resistencia (afectada por la componente continua de la señal) y reactancia (afectada por la componente alterna). Se mide en ohmios.
- 13. Inductancia:** Relación entre el flujo magnético, y la intensidad de corriente eléctrica.
- 14. Lima endodóntica:** instrumento endodóntico que se utiliza para localizar, explorar, ensanchar y alisar el conducto radicular, además de debridar el tejido pulpar (vital o necrótico). Presentan un mango plástico, un vástago de acero inoxidable, y una punta activa. Hay de varios tipos: K, H, Flexofile. etc; y números (calibre).
- 15. Localizadores Apicales Electrónicos:** Aparatología electrónica que detecta en base a un circuito eléctrico la constricción apical de un diente determinado. Existen diferentes tipos, clasificados por generaciones: los de primera basan su funcionamiento en la medición de la resistencia entre 2 electrodos, los de segunda y tercera generación emplean la impedancia como factor de medición, siendo la diferencia entre ambos, que los de tercera generación utilizan múltiples frecuencias. Finalmente, Los de cuarta generación funcionan midiendo impedancia, pero realizando mediciones a sus partes básicas de forma separada.
- 16. Longitud aparente del diente (LAD):** Distancia medida en la radiografía de control de longitud entre dos puntos: uno de referencia coronal del diente y otro en el ápice radiográfico.

- 17. Longitud aparente del instrumento (LAI):** Distancia medida en la radiografía de control de longitud entre dos puntos: uno de referencia coronal del diente o tope de la lima y otro en la punta del instrumento.
- 18. Longitud de estudio:** Distancia medida en la radiografía de estudio entre dos puntos: uno de referencia coronal del diente y otro en el ápice radiográfico
- 19. Longitud de trabajo (LT):** Distancia medida desde un punto coronal del diente hasta la constricción apical. Se puede determinar de dos maneras: 1) mediante una fórmula y 2) al utilizar una lima K nº 15 dentro del conducto radicular en conjunto con el localizador apical electrónico. La primera usa la radiografía de control de longitud; con ella se obtiene la longitud real del diente (LRD), a ésta se le resta 1 mm. Mientras que la segunda (a la medición obtenida por el LAE) 0.5 mm.
- 20. Longitud real del diente (LRD):** Medición que resulta de la fórmula  $LAD \times LRI / LAI$  obtenida por la radiografía de control de longitud.
- 21. Longitud real del instrumento (LRI):** Distancia medida en la radiografía de estudio entre dos puntos: uno de referencia coronal del diente y otro en el ápice radiográfico menos 1 mm (LE-1mm).
- 22. Muñón pulpar:** Corresponde al tejido pulpar que se encuentra en la porción cementaria del conducto.
- 23. Radiografía de estudio:** Radiografía previa a realizar la endodoncia. En ella se observa el diente en su totalidad (anatomía; número de conductos y de raíces, curvaturas, calcificaciones, estado peri-apical, etc.) sin intervención del operador. En ésta se calcula la longitud de estudio y la longitud real del instrumento.
- 24. Radiografía de control de longitud:** Radiografía en la cual aparece el diente intervenido por el odontólogo. De ésta se calcula la longitud aparente del instrumento y la longitud aparente del diente. Para determinar estas longitudes se debe conocer la LRI (longitud real del instrumento) la que se determina por dos maneras: 1) con la radiografía de estudio, 2) con el localizador apical electrónico. En la primera se obtiene LRI al restar 1 mm a la longitud de estudio. Mientras que en la segunda, la medición obtenida con el localizador apical será la longitud utilizada. La radiografía de control de longitud muestra la relación existente entre el instrumento (lima endodóntica) y el diente (zona apical). La diferencia entre la punta de la lima y el ápice radiográfico debe ser menor a 3 mm. Si fuese mayor (producto de la distorsión radiográfica) se debe repetir la radiografía considerando los cálculos obtenidos para la longitud de trabajo como una nueva LRI rehaciendo la fórmula con los datos corregidos.

- 25. Reactancia:** Se denomina Reactancia a la impedancia ofrecida, al paso de la corriente alterna, por un circuito en el que sólo existen inductores (bobinas) o capacitancias (condensadores) puras, esto es, sin resistencias. No obstante, esto representaría una condición ideal, puesto que no existen en la realidad bobinas ni condensadores que no contengan una parte resistiva, con lo cual los circuitos en general estarán formados por una composición R-L-C (resistencia, inductor y capacitor).
- 26. Resistencia eléctrica:** simbolizada habitualmente como R, a la dificultad u oposición que presenta un cuerpo al paso de una corriente eléctrica para circular a través de ella. En el Sistema Internacional de Unidades, su valor se expresa en ohmios, que se designa con la letra griega omega mayúscula:  $\Omega$ . Para su medida existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un ohmímetro. Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.
- 27. Tensión, voltaje o diferencia de potencial:** Es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica. La diferencia de potencial también se define como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro.
- 28. Tomografía computada de haz cónico, tomografía computada cone beam (CBCT) o tomografía volumétrica cone beam:** Consiste en imágenes radiográficas que proveen una alta resolución tridimensional del macizo facial, entregando valiosa información, no contenida en las placas radiográficas bidimensionales convencionales.

## ANEXO 2

### Tomografía computada de haz cónico, tomografía computada cone beam (CBCT) o tomografía volumétrica cone beam.

La tecnología mediante CBCT adquiere un volumen tridimensional de datos utilizando una sola vez el escáner, y establece una relación directa y simple entre el sensor y la fuente, la cual rota de forma sincronizada 180°-360° alrededor de la cabeza del paciente (Lugo, 2009). El haz radiográfico tiene forma de cono y captura de forma cilíndrica el volumen de los datos. El tamaño del campo de visión es variable. Algunos escáneres de CBCT permiten que la altura cilíndrica del campo de visión se ajuste para capturar solamente la mandíbula o maxilar superior.

El conjunto de datos resultantes del CBCT consiste en 580 matrices individuales, que son reconstruidas en datos tridimensionales mediante potentes ordenadores. Los cortes tomográficos pueden ser expuestos de maneras diferentes. Una opción es la exposición de la imagen en tres planos ortogonales axial, sagital y coronal simultáneamente, permitiéndole al clínico alcanzar una imagen de interés verdaderamente tridimensional (Lugo, 2009).

La calidad del escáner CBCT es superior a la tomografía computarizada convencional (CT), sobre todo para la evaluación de hueso esponjoso, ligamento periodontal, lámina dura, esmalte, dentina y pulpa (Lugo, 2009).

#### - Ventajas y desventajas del empleo del CBCT:

Tabla VII. Ventajas CBCT.<sup>10</sup>

1. Obtención de imágenes de alta resolución ( <i>desde 0.4 hasta 0.125 voxel</i> )
2. Tiempo de adquisición de información del examen de 15 segundos ( <i>reduce posibilidades de que el paciente se mueva durante el examen</i> )
3. Disminución significativa de la dosis de la radiación ( <i>comparable con dos o tres exposiciones de radiografías periapicales (Lugo, 2009)</i> ).
4. El posicionamiento del paciente es confortable, permaneciendo éste sentado ( <i>importante en adulto mayor y niños pequeños</i> )
5. Tiempo de generación y de reconstrucción de imágenes rápidos, lo que permite visiones completas de las estructuras en pocos segundos, disminuyendo así el tiempo de espera para el paciente.
6. Entrega al clínico de un CD con el examen, permitiendo una interacción completa entre el clínico y el examen

<sup>10</sup> (Naranjo, 2008)

- **Tabla VIII.** Limitaciones CBCT.<sup>11</sup>

1. No presentan la resolución de las radiografías convencionales.
2. La dispersión y el endurecimiento de la radiación afectan tanto a la calidad de la imagen como a la exactitud de diagnóstico.

- **Aplicaciones Clínicas de la Tomografía Computada Cone Beam (CBCT).**<sup>12</sup> (Tablas IX y X)

**Tabla IX.** Aplicaciones Imagenología Cráneo- Facial

Imagenología Cráneo-Facial
Radiólogos Orales y Maxilofaciales.
Cirujanos Orales y Maxilofaciales.
Periodoncistas.
Odontólogos generales.
Ortodoncistas.
Rehabilitadores y Somato-protésistas.

**Tabla X.** Aplicaciones Médicas.

Médicas
Angiotomografía Computarizada.
Radiología Intervencionista.
Guías en Radioterapia.
Mamografía.

- **Algunas Indicaciones para el uso del CBCT.**<sup>12</sup> (Tablas XI, XII y XIII)

**Tabla XI.** Usos para evaluación del CBCT

Evaluación de:
1. Huesos faciales en infección, trauma y deformidades congénitas y del desarrollo.
2. Reabsorción de huesos residuales, cantidad y calidad ósea previa a la instalación de implantes óseo integrados.
3. Cóndilos mandibulares y los componentes óseos articulares
4. Enfermedades sinusales y de las cavidades peri nasales.
5. Hueso temporal (Oído).
6. Estructuras de importancia previa a tratamientos de ortodoncia ( <i>como caninos impactados y ubicación de terceros molares respecto de conductos dentarios</i> ).
7. Simetrías o evaluación en asimetrías faciales ( <i>Cefalometría-Ortodoncia-Cirugía</i> ).
8. Anatomía del conducto radicular ( <i>las radiografías convencionales no revelan de forma consistente el número de conductos de un diente, debido a su naturaleza bidimensional. En cambio, mediante el uso de CBCT se pueden detectar con más eficacia y de una forma más sencilla</i> ).
9. Combinada con análisis de la vía aérea por problemas de apnea de sueño.

<sup>11</sup> (Mora, 2007, Soğur, 2007 citados en Lugo, 2009)

<sup>12</sup> (Naranjo, 2008).

**Tabla XII.** Usos de Reconstrucción 3D

Reconstrucción en 3D
1. Para la fabricación de Bio-modelos.
2. Para el diagnóstico y el manejo de reabsorciones (Maini, 2008 citado en Lugo, 2010).
3. Evaluar la localización exacta y la anatomía de los conductos radiculares (Cotton, 2007; Patel, 2007 citados en Lugo, 2009).

**Tabla XIII.** Usos para localización e identificación

Localización e identificación de:
1. Estructuras anatómicas de importancia, tales como conducto dentario inferior y seno maxilar previo a cirugía máxilofacial y/o de implantes.

### ANEXO 3.

Tabla XIV. Dimensiones longitudinales de los distintos tipos de dientes. <sup>13</sup>

	Promedio	Máxima	Mínima
<b>MAXILAR</b>			
Incisivo central	23´0	28´0	18´0
Incisivo lateral	22´5	27´0	17´0
Canino	27´0	32´0	20´0
1er Premolar	21´0	24´0	17´5
2do Premolar	21´0	25´0	17´0
1er Molar	20´5	24´5	17´0
2do Molar	20´0	24´0	17´0
<b>MANDIBULA</b>			
Incisivo Central	21´0	25´0	16´0
Incisivo Lateral	21´0	25´0	16´0
Canino	24´0	30´5	20´0
1er Premolar	21´5	25´0	17´0
2do Premolar	22´0	25´0	17´0
1er Molar	21´0	24´5	18´0
2do Molar	20´0	24´0	17´0

<sup>13</sup> (Weine, 1991 visto en Forner, 1998)

## ANEXO 4.

**Tabla XV.** Clasificación de Localizadores apicales de acuerdo a su generación<sup>14</sup>.

1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación	4ª Generación
Dentometer Endodontic.	Dentometer	Apex Finder AFA	Apex Locator
Meter Endodontic	Digipex I, II y III	Endex	Bingo 1020/Ray-Pex 4.
Meter S II	Endo Analyzer	Neosono Ultima EZ	Elements Diagnostic Unit
Endo Radar	Endocater	Root ZX	
Root Canal Meter.	Exact-A-Pex		
	Forameter		
	Formatron IV		
	Sono-Explorer Mk III		

<sup>14</sup> Dagenais, M. (2008) "Electronic Apex Locators: An Evidence-Based Study" *The University of Toronto, Faculty of Dentistry.*

## ANEXO 5.

### 1. Fragmento del Instructivo Root ZX.

Tabla XVI. Características del localizador apical Root ZX<sup>15</sup>.

Modelo	RCM-1
Tipo	CE
Grado	C.C 7,5 V(5x 1.5 V “ AA” batería)
Consumo de energía	Máximo 0,04 w
Voltaje de la Medida	CA del máximo 80 mV
Amperios de la Medida	Máximo 10µ A
Visualizaciones e indicadores	Reflexión, color LCD Beeper Piezoeléctrico
Dimensiones extras	W 96 x D80 x H150 milímetro
Peso	550 gramos aproximadamente.

### 2. Fragmento del instructivo del Root SW.

Tabla XVII. Especificaciones del localizador apical Root SW<sup>16</sup>.

Nombre	Root SW localizador apical
Clasificación	DC12V
Consumo de energía	Menor a 0,08 w
Medición de Amperes	Menor a 8PA
Medición de Voltaje	Menor a 80MV AC
Pantalla e Indicadores	Reflexión, pantalla a color de cristal líquido, piezoeléctrico zumbador.
Dimensiones exteriores	Ancho 90 mm. Largo 70 mm. Alto 80 mm.
Peso	Aproximadamente 176 gramos.

---

<sup>15</sup> (Argueta, 2002).

<sup>16</sup> Instrucciones operacionales del Root SW manufacturado por **The Haikou Credit Dental Technology cp. LTD.**

### **3. Fragmento del instructivo del Propex II**

#### **Estándares y Referencias sobre Regulación.**

Propex® II cumple la IEC60601-1 estándar de seguridad y los requisitos de conformidad de la CE (0459)

El localizador de ápice ProPex® II pertenece a la siguiente categoría de equipos médicos:

- Equipamiento potenciado internamente (batería de 2.4 V NiMH recargable).
- Partes utilizadas tipo BF.
- No se puede emplear en presencia de mezclas inflamables anestésicas con aire u oxígeno u óxido nitroso.
- Operación continua.
- Introducción de líquidos – no protegido.
- Condiciones ambientales durante el transporte: temperatura: -20°C a +60°C (0 a 140°F); humedad relativa: 10% a 90%, sin condensación.
- Dimensiones: 130 x 80 x 63 mm.
- Peso: 360 gr.
- Tipo de Pantalla: TFT con gráficos a color.
- Dimensiones de la pantalla: 3.5".
- Suministro: Batería recargable 2.4V NiMH.
- Cargador externo: Entrada: 120V / 50-60 Hz o 230V / 50-60 Hz.
- Salida: 6V DC.

#### 4. Modo de empleo y cuidados del Propex II

Tabla XVIII. Características operacionales de Propex II<sup>17</sup>.

	Operación	Modo de operar	Advertencia	Primer uso	Segundo uso y siguientes
1	<b>Desinfección</b>	Sumerja el instrumento en una solución desinfectante y a continuación descarte todo instrumento roto o doblado	Siga las instrucciones y respete las concentraciones recomendadas por el fabricante (concentraciones excesivas pueden dañar el equipo). Respete el tiempo de inmersión. No use productos con Fenol. Instrumentos fabricados con NiTi: No los sumerja más de 5 minutos en una solución de NaOCI superior al 5%.		X
2 a	<b>Limpieza manual</b>	Cepille a mano el instrumental para eliminar cualquier resto de dentina depositada. Póngalo en un soporte o en un kit.	Si aun quedan restos de dentina en el instrumental, utilice un dispositivo de aire comprimido.		X
2 b	<b>Limpieza automática</b>	Coloque el instrumental en un kit y a continuación introdúzcalos en : a) un aparato de limpieza por ultrasonidos o b) una lavadora	Siga las instrucciones y respete las concentraciones recomendadas por el fabricante. Después de 5 ciclos el marcado puede aparecer degradado. No limpie el instrumental de golpe en un aparato de ultrasonidos. Instrumental de aluminio: no usa sosa cáustica ni soluciones con sales de mercurio ni ácidas (pH < 6) o alcalinas (pH > 8). Si no han desaparecido totalmente los restos de dentina, utilice un dispositivo de aire	X	X

<sup>17</sup> Instructivo Propex (2009) en *Dentsply International*. [En línea]. Disponible en: <http://www.dentsply.com/assets/fedgov/PROPEX%20DFU.pdf>

			comprimido		
3	<b>Enjuagues</b>	Enjuague a fondo el instrumental con agua limpia desmineralizada o destilada y séquelos a continuación.	<u>Instrumental de acero semi-endurecido</u> debe protegerlo con un agente anticorrosivo.	X	X
4	<b>Inspección</b>	Ordene y controle el instrumental, descarte todo el que muestre alguna deformación, daño o marca que afecte la resistencia o el funcionamiento del instrumento.			X
5	<b>Esterilización</b>	Esterilice el instrumental con sus soportes empaquetándolos (en bolsas)	El instrumental y los soportes de plástico, pueden esterilizarse según las instrucciones del etiquetado presente en el envase. Después de 5 ciclos, el marcado puede aparecer degradado.		X
	<b>Con autoclave</b>	A 124° C durante 15 minutos a 2 bares de presión o a 134°C durante 5 minutos a 3 bares.	Evite dispositivos de plástico que no resistan temperaturas de 135°C. Instrumental de carbono semi-endurecido: Protéjalo con un agente anticorrosivo.	X	X
	<b>Con Chemiclave</b>	A 132°C durante 20 minutos a 2 bares, introduzca previamente el instrumental en la Chemiclave para evitar las marcas.	Técnica recomendada para instrumental de carbono. Evite dispositivos de plástico que no resistan temperaturas de 135°C	X	X
	<b>Con aire caliente</b>	180°C durante 120 minutos a presión atmosférica	Evite dispositivos de plástico que no resistan temperaturas de 180°C	X	X

## ANEXO 6.

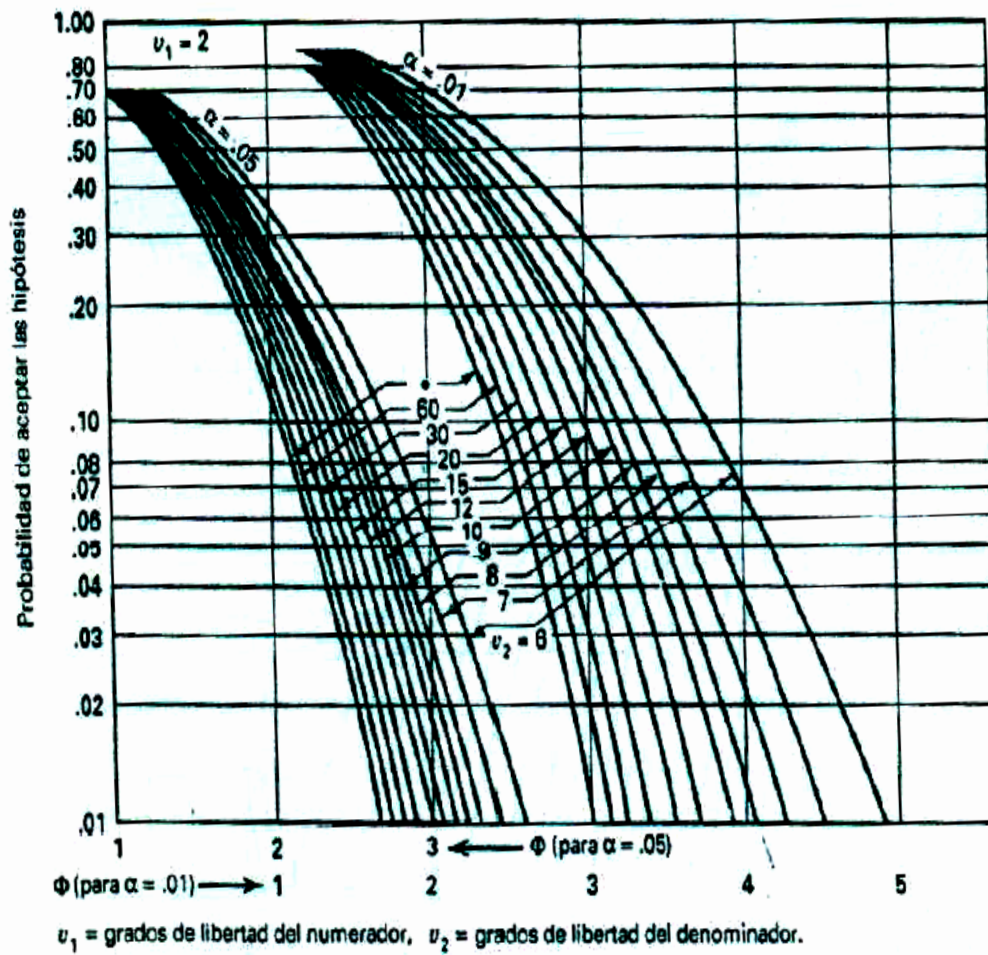
Tabla XIX. "Determinación del tamaño muestral por grupos"<sup>18</sup>.

APPENDIX								
TABLE I	Effect size (f)	Number of groups	α = .05			α = .01		
			β = .90	.80	.70	.90	.80	.70
Sample size requirements for one-way ANOVA*	.1	3	251	315	415	384	460	578
		4	217	269	351	324	386	481
		5	191	237	307	283	335	415
		6	173	213	274	252	298	368
		7	148	182	235	216	256	315
	.2	3	64	80	105	97	116	146
		4	55	68	89	82	99	121
		5	49	60	78	72	85	105
		6	44	54	69	64	76	93
		7	38	46	59	55	65	80
	.3	3	29	36	47	44	53	66
		4	25	31	40	37	44	55
		5	22	27	35	33	39	48
		6	20	25	32	29	35	42
		7	17	21	27	25	30	36
	.4	3	17	21	27	26	30	38
		4	15	18	23	22	26	32
		5	13	16	20	19	22	27
		6	12	14	18	17	20	24
		7	10	12	16	15	17	21
	.5	3	11	14	18	17	20	25
		4	10	12	15	15	17	21
		5	9	11	13	13	15	18
		6	8	10	12	10	13	16
		7	7	8	10	10	12	14
	.6	3	8	10	13	13	15	18
		4	7	9	11	11	12	15
		5	7	8	10	9	11	13
6		6	7	9	9	10	12	
7		5	6	8	8	9	10	

\*Numbers are sample sizes per group.

<sup>18</sup> Norman, G. Streiner, D. (1994). Bioestadistics. Canadá, Mosby.

**Gráfico 6.** Determinación del tamaño muestral por grupo.<sup>19</sup>



<sup>19</sup> Canavos, G. (1998). Probabilidad y estadística. España. McGraw-Hill Interamericana.

## ANEXO 7.

- Tablas con registro de datos.

**Tabla XX** "Registro de longitud de estudio, longitud real del instrumento, longitud pie de metro y longitudes dada por los LAEs."

Dte	Long_est	LRI	Pie mt	Propex II	Root ZX	Root SW
1	19	18	19	19	19	19
3	22	21	22,3	22,5	22,5	22,5
4	21,5	20,5	21,5	21	21,5	21
5	20,5	19,5	20,3	20	23	22
6	17,5	16,5	17,1	16,5	17	17
7	19	18	19	18	18,5	18,5
8	19,5	18,5	19,7	19,5	19,5	19
9	20,5	19,5	21,3	21	21	99
10	19	18	18,9	19	19	19
12	23	22	22,7	22	22,5	22
13	18,5	17,5	18,2	18	18,5	18
15	21,5	20,5	22	21,5	21,5	99
16	20,5	19,5	20	20	20	20
17	21	20	21,1	21	21,5	99
18	19	18	18,8	18	18,5	18
19	20,5	19,5	20	19,5	19,5	19,5
20	22	21	22,5	23	22,5	22
21	18,5	17,5	19,8	18,5	18,5	17,5
22	21,5	20,5	21,7	22	22	99
23	22,5	21,5	22	22	22,5	99
24	21	20	21	21	20,5	20,5
25	18,5	17,5	19,3	18,5	18,5	99
26	22,5	21,5	23	20	20	19,5
27	20	19	20	20	20	20
28	19	18	19,1	18,5	18,5	18,5
30	22,5	21,5	22,4	22	22,5	22,5
31	22,5	21,5	22,4	21,5	21,5	21
32	21	20	21,3	20,5	20,5	99
34	18	17	18	18	18	18
35	21	20	21,1	21,5	21	21
36	19,5	18,5	19,8	20,5	21	20,5
37	19	18	19,4	19,5	19	18,5
38	23	22	23,5	22	22,5	21
39	26,5	25,5	26,7	26	26	26,5
41	21	20	21	20	20	20
44	21	20	21	21,5	21	20
47	22	21	22	22	22,5	22
48	20	19	20	20	20	20
49	24	23	24	22,5	23,5	24,5
50	22,5	21,5	22,5	22	21,5	21
51	17,5	16,5	17,5	17,5	17,5	17,5
52	21	20	21,5	21	21	20,5
53	20	19	19,7	19,5	20	20,5
56	26,5	25,5	26,3	25,5	25,5	25,5
57	22,5	21,5	23	22	22,5	22

**Tabla XXI.** Registro de longitud aparente del diente con los diferentes LAEs y longitud aparente del Instrumento para cada localizador apical

Dte	LAD PropexII	LAD Root ZX	LAD Root SW	LAI Propex II	LAI Root ZX	LAI Root SW
1	19	19	19	19	19	19
3	22	22	22	22,5	22,5	22,5
4	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
5	20	20	20	19,5	22,5	21
6	17	17	17,5	17	17	17,5
7	19	19	19	20	20	19
8	20	20	19,5	20	20	19,5
9	20,5	21,5	99	20,5	21,5	99
10	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
12	22,5	21,5	22,5	22,5	21,5	22,5
13	17,5	18	18	17,5	18	18
15	21	21	99	21	21	99
16	20	20	20	20	20	20
17	20	21	99	21	21	99
18	18	18,5	17,5	18	18,5	17,5
19	20	20	19	20	20	19
20	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
21	19	19	18,5	19	19,5	17,5
22	21,5	21,5	99	21,5	21,5	99
23	21,5	22	99	21,5	22	99
24	21	21	21	21	21	21
25	18,5	19	99	18,5	19	99
26	19,5	19,5	19,5	19,5	19	19,5
27	20	20	20	20	20,5	20
28	19	19	19	19	19	19
30	21,5	22	21,5	21,5	22	21,5
31	20,5	21	21	20	21	21
32	20,5	21	99	20,5	21	99
34	18	18	18	18	18	18
35	21,5	21	21	21,5	21	21
36	20	19,5	19,5	20,5	20,5	19,5
37	18,5	18,5	18,5	17,5	17,5	18
38	23	23,5	23,5	23	23,5	22
39	26,5	26,5	26,5	26	26,5	26,5
41	20,5	21	20	20	20,5	20
44	21,5	21	21,5	21	21	21,5
47	22,5	22,5	22	23	22,5	22,5
48	20	20	20	20,5	20	20
49	23,5	23,5	23,5	23	23,5	24
50	22,5	22,5	22	22	22	21
51	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
52	21	21,5	21,5	21	21,5	21,5
53	20	19,5	20	19,5	19,5	20,5
56	26,5	26	25,5	26,5	26	25
57	23	23	23	22,5	23	23

**Tabla XXII.** "Registro de longitudes real del diente y de trabajo para los distintos localizadores apicales".

Dte	LRD Propex il	LT PropexII	LRD Root ZX	LT Root ZX	LRD Root SW	LT Root SW
1	18	17	18	17	18	17
3	20,5	19,5	20,5	19,5	20,5	19,5
4	20,5	19,5	20,5	19,5	20,5	19,5
5	20,5	19,5	20,5	19,5	20,5	19,5
6	16,5	15,5	16,5	15,5	16,5	15,5
7	17	16	17	16	18	17
8	18,5	17,5	18,5	17,5	18,5	17,5
9	19,5	18,5	19,5	18,5	99	99
10	18	17	18	17	18	17
12	22	21	22	21	22	21
13	17,5	16,5	17,5	16,5	17,5	16,5
15	20,5	19,5	20,5	19,5	99	99
16	19,5	18,5	19,5	18,5	19,5	18,5
17	19	18	20	19	99	99
18	18	17	18	17	18	17
19	19,5	18,5	19,5	18,5	19,5	18,5
20	21	20	21	20	21	20
21	17,5	16,5	17	16	18,5	17,5
22	20,5	19,5	20,5	19,5	99	99
23	21,5	20,5	21,5	20,5	99	99
24	20	19	20	19	20	19
25	17,5	16,5	17,5	16,5	99	99
26	21,5	20,5	22	21	21,5	20,5
27	19	18	18,5	17,5	19	18
28	18	17	18	17	18	17
30	21,5	20,5	21,5	20,5	21,5	20,5
31	22	21	21,5	20,5	21,5	20,5
32	20	19	20	19	99	99
34	17	16	17	16	17	16
35	20	19	20	19	20	19
36	17,5	16,5	17,5	16,5	18,5	17,5
37	19	18	19	18	18,5	17,5
38	22	21	22	21	23,5	22,5
39	26	25	25,5	24,5	25,5	24,5
41	20,5	19,5	20,5	19,5	19,5	18,5
44	21	20	20	19	20	19
47	20,5	19,5	21	20	20,5	19,5
48	18,5	17,5	19	18	19	18
49	23,5	22,5	23	22	22,5	21,5
50	22	21	22	21	22,5	21,5
51	16,5	15,5	16,5	15,5	16,5	15,5
52	20	19	20	19	20	19
53	19,5	18,5	19	18	18,5	17,5
56	25,5	24,5	25,5	24,5	26	25
57	22	21	21,5	20,5	21,5	20,5

**Tabla XXIII.** “Registro de longitudes CDC y Diferencia entre pie de metro con CDC (CBCT), más números de intentos de registro con los distintos localizadores apicales”.

Dte.	CDC	CBCT	Intentos Propex II	Intentos Root ZX	Intentos Root SW
1	0,89	18,11	1	1	1
3	0,8	21,5	1	1	1
4	0,57	20,93	1	1	3
5	0,57	19,73	1	1	1
6	0,8	16,3	1	1	1
7	0,89	18,11	1	1	2
8	0,57	19,13	1	1	2
9	0,89	20,41	1	1	3
10	0,89	18,01	1	1	1
12	0,57	22,13	1	1	1
13	0,57	17,63	1	1	2
15	0,89	21,11	1	1	3
16	0,57	19,43	1	1	1
17	0,89	20,21	1	1	3
18	0,57	18,23	1	1	2
19	0,8	19,2	1	1	1
20	0,57	21,93	1	1	3
21	0,8	19	1	1	1
22	0,8	20,9	1	1	3
23	0,89	21,11	1	1	3
24	0,89	20,11	1	1	1
25	0,89	18,41	1	1	3
26	0,89	22,11	1	1	2
27	0,8	19,2	1	1	1
28	0,57	18,53	1	1	1
30	0,89	21,51	2	1	1
31	0,8	21,6	1	1	2
32	0,57	20,73	1	1	3
34	0,57	17,43	1	1	1
35	0,89	20,21	1	1	1
36	0,8	19	1	1	2
37	0,57	18,83	1	1	2
38	0,89	22,61	1	1	3
39	0,8	25,9	1	1	1
41	0,89	20,11	1	1	1
44	0,8	20,2	1	1	2
47	0,57	21,43	1	1	1
48	0,8	19,2	1	1	1
49	0,89	23,11	1	1	3
50	0,57	21,93	1	1	2
51	0,8	16,7	1	1	1
52	0,89	20,61	1	1	1
53	0,89	18,81	1	1	3
56	0,8	25,5	1	1	3
57	0,57	22,43	1	1	3

## ANEXO 8

### Descripción de diferentes análisis estadísticos empleados.

#### 8.1 ANOVA<sup>20</sup>

La prueba ANOVA o análisis de la varianza es una prueba paramétrica que sirve para estudiar las dispersiones o varianzas de los grupos, sus medias y la posibilidad de crear subconjuntos de grupos con medias iguales. Requiere una serie de supuestos para poder ser aplicada correctamente. Estos son:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia de las observaciones.
- La distribución de los residuales debe ser normal.
- **Homocedasticidad:** homogeneidad de las varianzas.

Su hipótesis nula y alternativa se pueden formular del siguiente modo: Hipótesis nula ( $H_0$ ):  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

Las medias de los  $k$  grupos son iguales y por tanto las diferencias encontradas pueden explicarse por el azar. Dicho de otro modo, los grupos proceden de poblaciones con medias iguales. Mientras que en la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) al menos uno de los grupos tiene una media distinta del resto de grupos.

En la prueba ANOVA las comparaciones son siempre bilaterales (a dos colas) ya que estudiamos globalmente si los grupos tienen medias distintas, y no si un grupo tiene una media menor o mayor que otro por separado. Si se rechaza la hipótesis nula, no sabremos entre qué grupos están las diferencias.

La variabilidad o **varianza total** que podemos tener en nuestros datos se puede descomponer a su vez en:

**-Varianza entre grupos.** Mide la variabilidad entre las medias de cada grupo respecto a la media total de todas las observaciones. Denominada también como variabilidad o varianza *inter-grupos*.

**-Varianza dentro de los grupos.** Mide la variabilidad de cada observación respecto a la media de su grupo. Podemos encontrarla bajo el nombre de residual, error o varianza *intra-grupos*.

---

<sup>20</sup> Según Bellón, J. [en línea] < <http://epidemiologiamolecular.com/prueba-anova-comparacin-de-las-medias-de-tres-o-ms-grupos/> > [consulta: 16 de Julio del 2010].

Si se divide un efecto observado (varianza entre grupos) respecto a un error aleatorio (varianza dentro de los grupos), el cociente obtenido se le denomina F, o F de Fisher-Snedecor. Si este sobrepasa cierto valor crítico, entonces podremos afirmar que el efecto observado es demasiado grande para poder ser explicado por el azar (error aleatorio) y que por tanto no todos los grupos estudiados tienen la misma media.

## 8.2 PRUEBA T DE STUDENT<sup>21</sup>

La distribución t de Student es similar en su forma a la distribución normal, variando en función de los grados de libertad. Se usa cuando se desconoce la varianza o la desviación típica de la población, estimándose esta a partir de los datos de la muestra.

Esta prueba puede utilizarse en tres situaciones distintas:

1. Para comparar una media respecto a un valor de referencia. En este caso nuestro objetivo sería estudiar si la media de nuestros datos difiere de un valor prefijado, y si estas diferencias pueden explicarse por el azar.
2. Para comparar dos grupos en mediciones repetidas. Denominado también como muestras pareadas. En este caso tendríamos dos mediciones para cada individuo u observación.
3. Para comparar la media de dos grupos independientes. En este caso compararíamos las medias de cada grupo para ver si las diferencias se podrían explicar por el azar. Este supuesto es el que vamos a ver con más detenimiento.

Antes de utilizar la prueba t de Student, debemos comprobar que para cada grupo nuestra variable estudiada sigue una distribución normal. Si esto se cumple, debemos estudiar cómo es la dispersión de cada grupo examinando sus varianzas, ya que en el caso de que los grupos no tengan varianzas homogéneas, la t de Student ha de ser calculada con ciertas modificaciones que afectan sobre todo a sus grados de libertad, y por consiguiente, al resultado final.

Cuando los tamaños muestrales de cada uno de los grupos son mayores de 30, en la mayoría de los casos se puede asumir normalidad, ya que la prueba t de Student suele funcionar sin problemas con muestras grandes. Por otro lado, no es necesario que los tamaños de los grupos sean iguales.

El funcionamiento de la prueba t de Student consiste a grandes rasgos, en restar ambas medias (efecto observado) y dividir este resultado por su error estándar

---

<sup>21</sup> Según Bellón, J. [en línea] < <http://epidemiologiamolecular.com/pruebas-de-contraste-de-hipotesis-para-variables-cuantitativas/> > [consulta: 16 de Julio del 2010].

(variabilidad de la muestra). Si este cociente es superior a cierto valor crítico, diremos entonces que las diferencias encontradas son demasiado grandes para atribuir las al azar, y que por tanto las diferencias son estadísticamente significativas. A este cociente es el que denominamos estadístico de contraste, que aquí recibe el nombre de t de Student, cuyo valor crítico podemos determinar mediante tablas o programas estadísticos.

### **8.3 TEST DE LEVENE<sup>22</sup>**

El test de Levene (1960) se usa para contrastar si “X” muestras tienen la misma varianza, es decir, la homogeneidad de varianzas. Otros contrastes, como por ejemplo el análisis de la varianza, suponen que las varianzas son iguales para todos los grupos. De ahí la importancia de verificar con el test de Levene esa hipótesis. Se resuelve con un ANOVA pero se considera un estadístico de centralidad (media, mediana o media troncada) para su realización. La elección del estadístico de centralidad de los grupos, determina la robustez y la potencia del test. Por robustez se entiende la habilidad del test para no detectar erróneamente varianzas distintas cuando la distribución no es normal y las varianzas son realmente iguales. La potencia significa la habilidad del test para señalar varianzas distintas, cuando efectivamente lo son.

---

<sup>22</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Estadístico [en línea] < <http://cides-sanmarcos.blogspot.com/2010/05/test-de-levene-para-igualdad-de.html> > [consulta: 16 de Julio del 2010].