



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

**Tema: Evaluación In Vitro del Grado de Transportación Apical  
Utilizando Tomografía Computarizada Cone-Beam, para la comparación  
de Limas Manuales de Acero Inoxidable y Níquel Titanio**

**Autor: Carlos A. Molina**

**Director de Tesis: Dra. Ana Cristina Viteri**

**Tesis de Grado presentada como Requisito para la Obtención del Título de  
Odontólogo**

**Quito, 25 de noviembre de 2013**

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Evaluación In Vitro del Grado de Transportación Apical Utilizando  
Tomografía Computarizada Cone-Beam, para la comparación de Limas Manuales de  
Acero Inoxidable y Níquel Titanio**

**Autor: Carlos A. Molina**

Dra. Ana Cristina Viteri

DIRECTOR DE TESIS .....

Dr. Nicolás Castrillón

MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS .....

Dr. José Eduardo Maldonado

MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS .....

Dra. Johana Monar

MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS .....

Dr. Fernando Sandoval

DECANO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA .....

Quito, 25 de noviembre del 2013

@ Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre:

C. I.:

Fecha: 25 de noviembre del 2013

**Resumen:**

Este estudio tiene como objetivo evaluar el grado de transportación apical que tienen las limas de acero inoxidable con corte transversal cuadrado (K-File), con corte transversal triangular (K-Flexofile), de Níquel Titanio (Ni Ti Flex) y de conicidad variables (ProTaper Manual) cuyo corte transversal es triangular con convexidades en los lados. El estudio se realizó en raíces de dientes extraídos con curvaturas según Schneider de aproximadamente 40 a 50°. Para esto se tomaron 100 raíces de dientes extraídos con conductos que tengan dichas curvaturas y se sometieron a tomografía computarizada con Cone-Beam. Se instrumentaron los conductos radiculares creando grupos de 25 dientes para cada una de las limas los cuatro grupos con una técnica convencional Crown Down según el fabricante del instrumento y se tomara una tomografía nuevamente. Para evaluar la transportación apical se compararon las medidas de las paredes tridimensionales del conducto radicular y se evaluó el nivel de transportación apical con la fórmula planteada por Gambil en 1996 en la que la proporción de la pared que se encuentra alrededor del conducto debe ser la misma antes y después de la instrumentación. Se realizó un análisis estadístico de la muestra en la que se comprobó la hipótesis planteada.

**Abstract:**

The aim of this study is to evaluate the degree of apical transportation using files made of Stainless Steel which have a square transversal section (K-File), with triangular transversal section (K-Flexofile), made of nickel-titanium alloy (NiTi Flex) and variable tapers (Hand Protaper) who have a triangular transversal with ovoid shaped sides in the triangle. This study was conducted in extracted teeth roots with curvatures according to Schneider approximately 40 to 50°. To do this 100 teeth with the mentioned curvatures were submitted to a Cone- Beam Computerized Tomography. The teeth were prepared with a Crown Down conventional technique and a tomography was taken again. To evaluate apical transportation the measurements of the three-dimensional walls of the canal was compared with the formula made by Gambil in 1996 in which the proportion of tissue surrounding the canal should be the same before and after preparing the canal. A statistical analysis was made to prove the hypothesis.

## Tabla de contenidos

1. Introducción.....	14
1.1 Justificación .....	21
1.2 Objetivos Generales .....	21
1.3 Objetivos Específicos .....	22
1.4 Hipótesis .....	22
2. Marco Teórico .....	23
2.1 Técnicas de Preparación .....	24
2.1.1 Movimiento de Escariado.....	24
2.1.2 Movimiento Rotatorio .....	25
2.1.3 Movimiento de Fuerzas Balanceadas .....	25
2.1.4 Técnica de Preparación Apico Coronal (Step-Back).....	26
2.1.5 Técnica de Preparación Corono Apical (Crown Down).....	26
2.2 Instrumentos Manuales .....	27

2.2.1 Estandarización de los Instrumentos Manuales.....	30
2.2.2 Limas Tipo K.....	31
2.2.3 Limas Tipo K FlexoFile (Dentsply/Maillefer) .....	32
2.2.4 Aleaciones de Níquel Titanio .....	32
2.2.5 Limas NiTi Flex (Dentsply/Maillefer) .....	33
2.2.6 Sistema Protaper (Dentsply/Maillefer).....	34
2.3 Transportación Apical.....	36
2.4 Determinación de Curvaturas .....	37
2.5 Tomografía Computarizada Cone-Beam .....	37
3. Metodología.....	39
3.1 Muestra .....	39
3.1.1 Criterios de Inclusión .....	39
3.1.2 Criterios de Exclusión .....	39

3.2	Metodología.....	40
4.	Resultados.....	48
4.1	Análisis de Transportación Apical.....	48
4.1.1	Estadística Descriptiva .....	53
4.1.2	Comparación entre los Instrumentos Tipo K, Flexofile, NiTi Flex y ProTaper Manual 58	
4.2	Dirección de Transportación Apical .....	59
4.2.1	Curvatura Interna.....	59
4.2.2	Curvatura Externa.....	60
5.	Discusión .....	61
5.1	Análisis de Resultados .....	61
6.	Conclusión.....	68
7.	Recomendaciones .....	69
8.	Bibliografía.....	70

9. Anexos.....	77
9.1 Comparación de Tomografías Antes y Después de la Instrumentación .....	77
9.1.1 Limas Tipo K.....	77
9.1.2 Limas K Flexofile.....	80
9.1.3 Limas K NiTi Flex.....	83
9.1.4 Sistema ProTaper Manual .....	86

## TABLA DE GRÁFICOS

Figura 1: Radiografía periapical de Raíz en Estudio con Curvatura de 40° .....	40
Figura 2: Radiografía Periapical de una pieza del estudio confirmando la longitud de trabajo con una lima 10 Tipo K.....	41
Figura 3: Fotografía del fantoma pre elaborado con los dientes en acrílico.....	41
Figura 4: Fotografía del fantoma con los dientes en la posición estandarizada listo para la tomografía.....	42
Figura 5: Figura Multiplanar de la Tomografía Computarizada Cone-Beam .....	43
Figura 6: Corte Tomográfico Sagital Con la medida de los últimos 3mm apicales de la raíz .....	43
Figura 7: Corte Tomográfico Axial con las medidas de la curvatura interna y externa de la raíz .....	44
Figura 8: Muestra Instrumentada con Lima Tipo K que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente .....	49
Figura 9: Muestra Instrumentada con Lima Tipo K que No Mostró transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente .....	49

Figura 10: Muestra Instrumentada con Lima K Flexofile que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente .....	50
Figura 11: Muestra Instrumentada con Lima K Flexofile que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente.....	51
Figura 12: Muestra Instrumentada con Limas K NiTi Flex que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente.....	52
Figura 13: Muestra Instrumentada con Lima NiTi Flex que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente.....	52
Figura 14: Muestra Instrumentada con el Sistema ProTaper Manual que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente .....	53
Figura 15: Muestra Instrumentada con el Sistema ProTaper Manual que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación.....	53
Tabla 1: Transportación Apical para Limas Tipo K.....	48
Tabla 2: Transportación Apical para Limas K Flexofile.....	50
Tabla 3: Transportación Apical para Limas K NiTi Flex.....	51

Tabla 4: Transportación Apical para el Sistema ProTaper Manual.....	52
Tabla 5: Tabla Estadística Descriptiva Para Transportación Apical .....	54
Tabla 6: ANOVA para comparación de promedios en Transportación Apical.....	58
Tabla 7: ANOVA para la Evaluación de Curvatura Interna.....	59
Tabla 8: ANOVA para la Evaluación de Curvatura Externa.....	60
Gráfico 1: Intervalos de Confianza.....	55
Gráfico 2: Diagrama de Caja y Bigote .....	56

## 1. Introducción

La Odontología es una ciencia de la salud que se encarga del diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades del aparato estomatológico en el que se incluye los dientes, periodonto, articulación temporo-mandibular y el sistema neuromuscular (American Association of Endodontists, 2010). Dentro de la Odontología se encuentran diversas especialidades, entre ellas Periodoncia, Rehabilitación Oral, Cirugía y Endodoncia. Dichas especialidades buscan conseguir una homeostasis entre todas las estructuras pertenecientes a la cavidad oral entre ellas los dientes. Cuando esta homeostasis se ve comprometida, el odontólogo general o el especialista deben encargarse de encaminar al organismo a retornar a dicha homeostasis para lo que se citan a las mencionadas especialidades.

La endodoncia que es una especialidad de la odontología que se preocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y tejidos perirradiculares (American Association of Endodontists, 2010). Dentro de esta especialidad se han desarrollado distintos mecanismos para la limpieza y conformación de los conductos radiculares para uso manual y rotatorio, entre otros (Castellucci, 2003).

Para la realización de una endodoncia exitosa se deben tomar determinados pasos que son vitales para sacar adelante al tratamiento. El primer paso es elaborar un correcto diagnóstico de la patología específica que tiene la pulpa dental y el motivo por el cual se realizará el tratamiento de endodoncia. Se pueden distinguir tres patologías pulpares, en primer lugar está la pulpitis reversible que se presenta cuando la pulpa está

irritada; su estimulación resulta incómoda para el paciente pero se revierte rápidamente al retirar el estímulo que lo está causando; entre los que se encuentra la caries, restauraciones defectuosas o dentina expuesta (Cohen & Hargreaves, 2008)(Ingle, 2002). En segundo lugar se encuentra la pulpitis irreversible que se distingue cuando la enfermedad pulpar ha progresado y no es posible solucionar el problema del paciente únicamente al retirar el estímulo, entonces ya es necesario realizar un tratamiento de endodoncia (Castellucci, 2003)(Cohen & Hargreaves, 2008). Por último se encuentra la necrosis pulpar en la cual la vascularización de la pulpa es inexistente y los nervios pulpares se vuelven no funcionales por lo que a partir de este se podrán provocar patologías en el periápice para lo cual se debe también realizar un tratamiento de endodoncia (Cohen & Hargreaves, 2008)(Castellucci, 2003). Según Cohen existen diversas patologías periapicales que se deben tomar en cuenta antes de realizar el tratamiento de endodoncia. La primera es la periodontitis perirradicular aguda en la cual el paciente presentara dolor a la percusión, las pruebas de vitalidad pulpar pueden ser variables y radiográficamente no se distingue una sombra radiolúcida en apical (Cohen & Hargreaves, 2008). En segundo lugar se distingue la periodontitis perirradicular crónica en la que el paciente no tiene síntomas clínicos pero las pruebas de vitalidad pulpar son negativas y radiográficamente se distingue una radiolúcidez apical (Cohen & Hargreaves, 2008). Tercero se encuentra el absceso perirradicular agudo que podrá presentar edema intraoral y extraoral, es muy doloroso a la percusión y palpación; el diente no responderá a ninguna de las pruebas de sensibilidad pulpar y radiográficamente se podrá presentar una radiolúcidez apical (Cohen & Hargreaves, 2008). En cuarto lugar se encuentra el absceso perirradicular crónico que en un principio no presenta síntomas clínicos pero presentara una fistula; el diente no responderá a pruebas de vitalidad pulpar y radiográficamente se podrá ver una sombra

radiolúcida en apical (Cohen & Hargreaves, 2008). Por último, se distingue la periodontitis apical secundaria, antiguamente conocida como absceso fénix, esta patología se da cuando existe una respuesta aguda en una lesión crónica preexistente (Cohen & Hargreaves, 2008).

Una vez distinguida la patología del diente en el que se debe realizar el tratamiento de Endodoncia se debe conocer el espacio en el que se va a trabajar, es decir el sistema de conductos radiculares que es el espacio completo dentro de la dentina que contiene la pulpa dental (Ferraris, 2005)(Oporto, 2010). Usualmente el contorno del sistema de conductos radiculares corresponde a la morfología del diente pero existen factores que lo pueden alterar como el envejecimiento, patología, u oclusión (Cohen & Hargreaves, 2008). El conducto radicular podrá tener algunas características morfológicas adicionales al conducto principal entre los que se encuentran, conductos accesorios, laterales, de furcación, delta apicales, forámenes apicales, entre otros(Campos Netto, 2011)(Oporto, 2010). Vertucci representó ocho distintas configuraciones del espacio pulpar en los cuales se puede tener todas las variantes antes mencionadas considerando que existen dientes y raíces que pueden tener más de un conducto y que estos pueden tener distintas características adicionales(Cohen & Hargreaves, 2008)(Oporto, 2010). Además de la morfología de los tercios medio y coronal se debe analizar la anatomía del tercio apical del conducto en la que se distingue la constricción apical que se encuentra en la unión entre cemento, dentina y conducto y es el punto más estrecho del conducto (Oporto, 2010). Después se encuentra el foramen apical que es la zona que diferencia el conducto y cemento. Esta es la terminación del conducto radicular propiamente dicho que puede tener diversas formas.(Campos Netto, 2011).

Una vez analizada la forma de los conductos y tomada la longitud de trabajo que se admite de 0.5 a 1mm ya que según Ingle el diámetro más estrecho del foramen apical se encuentra en la constricción apical, localizada a la distancia antes mencionada(Ingle, 2002). Se debe limpiar, modelar y desinfectar el conducto radicular a esta longitud para respetar a los tejidos periapicales y lograr un sellado adecuado al finalizar la endodoncia(Stock, 1996)(Ingle, 2002). Para este objetivo se han utilizado en su gran mayoría instrumentos manuales que han ido evolucionando hasta conseguir elementos cada vez más sofisticados para realizar tratamientos endodònticos rápidos y efectivos (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005)(Ingle, 2002). Entre estos instrumentos manuales llamados limas, en primer lugar se encuentran los instrumentos de acero inoxidable que originalmente tuvieron un corte transversal cuadrado y se llamaron tipo K.(Peters, 1999)(Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002)(Neskovic, 2010). Después, por determinados problemas al realizar el tratamientos de conductos radiculares se elaboraron limas del mismo material pero con un corte transversal triangular que permitía más flexibilidad del instrumento para el trabajo en conductos curvos llamadas K Flexofile (Stock, 1996)(Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002)(Goldberg, 1997)(Tepel, 1997). Posteriormente surgieron materiales más flexibles entre ellos el Níquel-Titanio del cual se elaboraron limas que aumentaban la flexibilidad del instrumento y eliminaban también los errores substancialmente entre las que se encuentran las limas NiTi Flex (Goldberg, 1997). Hasta este momento todas las limas mencionadas tenían la estandarización ISO impuesta por Ingle en 1958 en el que se idearon diámetros, colores y conicidades iguales de las limas (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002).Inmediatamente, con el auge del níquel titanio se elaboran limas rotatorias que dejan a un lado la estandarización ISO y permiten un mejor terminado con respecto a conicidad como el sistema ProTaper Universal que es un sistema de

conicidades variables en el que se fomenta una instrumentación por tercios (Bahia M. , 2005)(Cheung, 2006). Debido a la amplia popularidad de este sistema se colocaron mangos con la misma distinción de colores a las limas rotatorias del sistema ProTaper, resultando así el Sistema ProTaper Manual que permite la misma instrumentación dirigida manualmente por el odontólogo tratante (Saunders, 2005)(Montoya, 2008).

Para lograr una adecuada limpieza de los conductos, no solamente es importante una preparación mecánica adecuada sino una preparación química con elementos que ayuden a eliminar la carga bacteriana y de tejidos orgánicos que se encuentran dentro del conducto radicular (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005). Existen diversos tipos de irrigantes pero los más comunes son el hipoclorito de sodio, clorhexidina, EDTA (ácido etildiamino tetracético), entre otros. Estos irrigantes conjugan en distintos protocolos de irrigación para combinar sus características (Cohen & Hargreaves, 2008). El hipoclorito de sodio se ha utilizado en endodoncia en distintas concentraciones por su capacidad de degradación de los materiales orgánicos del interior del conducto radicular y una gran capacidad bactericida pero a la vez una alta toxicidad para los tejidos periapicales (Baldarano, 2007). La clorhexidina usada comúnmente al 2% tiene una capacidad de liberación hasta de 48 horas después de haber sido colocada y es poco tóxica para los tejidos periapicales pero no tiene la posibilidad de disolver tejidos orgánicos (Baldarano, 2007). Por último el EDTA tiene la facultad de atrapar las moléculas de calcio para promover una limpieza más fácil a través de los instrumentos y una eliminación del barrillo dentinario remanente pero no demuestra la misma capacidad bactericida que el hipoclorito de sodio y la clorhexidina por lo que no se puede limitar el tratamiento a la utilización de EDTA únicamente (Cohen & Hargreaves, 2008).

Por último, la finalización del tratamiento de endodoncia se da por la obturación del sistema de conductos radiculares. Obturación se define como el llenado del conducto una vez que ha sido conformado y debridado con un material provisional o permanente (American Association of Endodontists, 2010). Históricamente se han utilizado diversos materiales para la obturación de los conductos radiculares para tratar de encontrar el material que permita un sellado hermético de los conductos; no tenga efectos colaterales y sea fácil de utilizar (Ingle, 2002). El material que más se aproxima al ideal es la gutapercha que es un poliisopropeno esta comúnmente se utiliza en forma conos de gutapercha que tienen la misma estandarización ISO de las limas lo que permite utilizar un cono del mismo calibre que la lima apical maestra (Ingle, 2002)(Castellucci, 2003). También existen numerosos cementos selladores que se pueden utilizar en conjunto con los conos de gutapercha para poder proporcionar un mejor sellado del sistema de conductos radiculares (Cohen & Hargreaves, 2008)(Castellucci, 2003). Entre estos selladores se encuentran cementos de óxido de cinc, hidróxido de calcio, ionomero de vidrio y resinas (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005)(Cohen & Hargreaves, 2008). Para lograr conseguir un sellado apropiado de los conductos radiculares existen múltiples técnicas en las que se puede utilizar diversas formas de gutapercha(Cohen & Hargreaves, 2008). Entre estas técnicas se encuentra la técnica de condensación lateral en frío que es la más utilizada y se puede utilizar en la mayoría de los casos, la técnica de condensación vertical en caliente que requiere de instrumentos especiales así como la técnica de condensación lateral en caliente y la técnica de inyección termo-plastificada(Castellucci, 2003)(Cohen & Hargreaves, 2008).

Dentro de la práctica de la Endodoncia se pueden dar errores o complicaciones debido a factores como son el uso de instrumentos incorrectos, iatrogenia o simple dificultad al tratar los mismos. Dentro de estos errores se pueden encontrar transportaciones apicales que pueden llevar a la formación de perforaciones o escalones (American Association of Endodontists, 2010)(Schafer, Development and sequelae of canal transportation, 2009). La transportación apical es la remoción de la pared del conducto por fuera de la curvatura en cualquiera de los tercios del conducto debido a la tendencia de las limas a retornar a su estado lineal durante el tratamiento(Cervantes-Amador, 2008)(Ullman, 2008). Si es que el tratante no logra solucionar con efectividad esta complicación, se puede llegar a tener escalones que son irregularidades artificiales creadas en la superficie de la pared del conducto radicular que impiden colocar el instrumento en apical(Herrera, 2004)(American Association of Endodontists, 2010) . Cuando no se logra solucionar el problema de un escalón y el odontólogo tratante sigue instrumentando y profundizando en el mismo se puede formar una perforación que es la comunicación mecánica y patológica entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente (Tsesis, 2008)(American Association of Endodontists, 2010).

Para la evaluación tanto del proceso como los resultados y complicaciones que se pueden suscitar dentro del tratamiento de los conductos radiculares existen algunos métodos diagnósticos. El primer auxiliar diagnóstico que tenemos en la práctica de la endodoncia son las radiografías periapicales que hoy en día se pueden realizar en lapsos muy cortos de tiempo y de manera digital (Low, 2008). El problema básico del diagnóstico mediante radiografías periapicales es que en ellas se muestra únicamente en dos dimensiones, es decir largo y ancho, un objeto que en realidad tiene tres

dimensiones, es decir que no se toma en cuenta la profundidad del mismo (Estrela, 2008). Actualmente este problema se ha podido solucionar con la aparición de las Tomografías Computarizadas Cone-Beam(Garip, 2001)(Yamamura, 2012). Este tipo de tomografía permite realizar cortes sagitales, coronales, axiales y tridimensionales de las raíces para poder observar con una mejor calidad de imagen el diagnóstico y las complicaciones que se pueden dar durante el tratamiento endodóntico(Sberna, 2009)(Tsukiboshi, 2006).

### **1.1 Justificación**

Este estudio determinó con cuál de los sistemas de limas antes mencionados se puede lograr una menor cantidad de transportación apical durante la instrumentación en el tratamiento de endodoncia. Para la determinación de la transportación apical se utilizó Tomografía Computarizada Cone-Beam que permite una visión en tres dimensiones de los conductos radiculares de dientes extraídos antes y después de la instrumentación y medirlos con computadora para poder determinar las transportación apical con la fórmula de Gambil (Cervantes-Amador, 2008)(Low, 2008) (Garip, 2001).

### **1.2 Objetivos Generales**

El objetivo del estudio es evaluar en dientes humanos extraídos el grado de transportación apical en los últimos 3mm de la raíz que tienen las limas tipo K, Flexo File,

NiTi Flex y ProTaper manual en dientes con curvaturas de 40° a 50 ° por el método de Schneider a través de la tomografía computarizada Cone-Beam.

### **1.3 Objetivos Específicos**

Determinar mediante análisis con la tomografía computarizada Cone-Beam a nivel del tercio apical el grado de transportación lineal presente.

Evaluar la dirección de la transportación apical en relación a las caras externa e interna con cada uno de los instrumentos.

### **1.4 Hipótesis**

El sistema ProTaper manual presentará un menor grado de transportación apical además los instrumentos presentaran una mayor cantidad de transportación apical hacia la cara interna del diente.

## 2. Marco Teórico

Sin duda la parte más compleja y más delicada del tratamiento endodóntico es la preparación, limpieza y desinfección de los conductos radiculares. A través de los años se ha descrito a este proceso como ensanchamiento o instrumentación pero hoy en día se conoce como el término correcto para esta acción como limpieza y conformación de los conductos radiculares para recibir al material de obturación (Castellucci, 2003) (Schafer, 1995). Estos dos procedimientos son íntimamente ligados ya que al preparar los conductos radiculares se debe tomar en cuenta que se debe eliminar todo el material orgánico e inorgánico que pueda contribuir al crecimiento de bacterias dentro de los conductos y finalmente puedan llevar al fracaso de la endodoncia (Frota, 2013) (Tepel, 1997). La conformación correcta del conducto radicular es importante para promover el sellado tridimensional, es decir facilita la obturación con cualquier técnica y permite el paso de los irrigantes a través del conducto radicular (Baldrano, 2007) (Frota, 2013). Por lo tanto la conformación del conducto radicular ayuda a la limpieza del mismo (Castellucci, 2003) (Goldberg, 1997).

Históricamente se ha instaurado el debate de hacer la limpieza o la conformación del conducto radicular primero. Desde la estandarización de los instrumentos hecha por Ingle y Levine en 1958 se han descrito diversas técnicas de limpieza y conformación de los conductos radiculares además de distintos movimientos de los instrumentos (Villena, 2001).

## **2.1 Técnicas de Preparación**

A través de los años se han ido desarrollando diversas técnicas de preparación de los conductos radiculares que van de la mano con los avances tecnológicos y el desarrollo de limas manuales, rotatorias y reciprocantes entre otros (Villena, 2001) (Tepel, 1997). Entre los movimientos más comunes están los movimientos de escariado, rotación y fuerzas balanceadas entre otros (Cohen & Hargreaves, 2008) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Estos movimientos se han ido elaborando para utilizarse con distintas técnicas de instrumentación entre las que se encuentran principalmente las técnicas apico-coronal y corono-apical para las limas manuales (Castellucci, 2003). Además con la aparición de sistemas rotatorios se han ido creando diferentes técnicas de instrumentación con movimientos más complicados e inclusive hibridaciones de estas técnicas con las técnicas manuales (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Bahia M. , 2005).

### **2.1.1 Movimiento de Escariado**

El movimiento de escariado o limado es un movimiento de entrada y salida del instrumento dentro del conducto radicular que pasa a las estrías del instrumento por las paredes del conducto para limpiarlo (American Association of Endodontists, 2010). Este movimiento es efectivo como un método de ensanchamiento y limpieza en el procedimiento de preparación de los conductos radiculares pero se ha comprobado que los movimientos de entrada y salida rápida de los instrumentos transportan rápidamente la preparación hacia la pared interna del conducto

radicular (Pasternak, 2009) (Tepel, 1997). Por esto es que hoy en día el movimiento de escariado solamente se encuentra contraindicado en el tratamiento de conductos radiculares y se recomienda su uso acompañado de otro tipo de movimiento (Castellucci, 2003) (Tepel, 1997).

### **2.1.2 Movimiento Rotatorio**

El movimiento rotatorio ha sido ampliamente reconocido y es utilizado grandemente hoy en día en sistemas que utilizan la ayuda de un motor para realizar este movimiento aunque también se puede realizar de forma manual. Este es un movimiento dinámico que produce la degradación óptima del conducto radicular que usualmente es combinada con el movimiento de escariado (American Association of Endodontists, 2010) (Schafer, 1995). En este tipo de movimiento una cantidad pequeña de material es removida de manera incremental para darle la forma adecuada al conducto radicular (M. K. Iqbal, 2004).

### **2.1.3 Movimiento de Fuerzas Balanceadas**

El movimiento de fuerzas balanceadas es una técnica para la limpieza y conformación de los conductos radiculares el cual permite que fuerzas opuestas guíen la preparación (American Association of Endodontists, 2010) (Tepel, 1997). En esta se utiliza la rotación de un cuarto de vuelta a favor de las manecillas del reloj para atrapar dentina y un movimiento similar en contra de las manecillas del reloj para cortarla (Cervantes-Amador, 2008) (Tepel, 1997). Al igual que en el movimiento de escariado este movimiento puede conducir a transportaciones apicales pero se ha determinado

que de utilizarse antes de la preparación del tercio coronal de la raíz el riesgo de transportación apical disminuye (Castellucci, 2003) (Cervantes-Amador, 2008).

#### **2.1.4 Técnica de Preparación Apico Coronal (Step-Back)**

Esta técnica fue descrita por Schindler y fue de las primeras en utilizarse a partir de la estandarización de los instrumentos por Ingle. Esta se basa en la idea de limpiar el conducto radicular desde el tercio apical y después conformarlo hasta conseguir la forma adecuada para lograr una buena obturación (Ingle, 2002). Esta técnica promueve la instrumentación desde los instrumentos más pequeños hasta la longitud de trabajo en apical y continuar con el diámetro progresivo de las limas manuales estandarizadas hasta la lima apical maestra deseada que dependerá del tamaño de los conductos radiculares (Castellucci, 2003) (Cohen & Hargreaves, 2008) (Neskovic, 2010). Después de llegar a la lima apical maestra se aumenta la conicidad del conducto disminuyendo la longitud de trabajo en incrementos de 1mm haciendo un retroceso gradual y finalmente se emplea la lima apical maestra para una recapitulación final (Cohen & Hargreaves, 2008).

#### **2.1.5 Técnica de Preparación Corono Apical (Crown Down)**

Esta técnica de preparación de los conductos radiculares fue descrita por Ritano en 1976 e indica la preparación de los conductos desde el tercio coronal (Castellucci, 2003). Esta técnica postula que al limpiar y conformar primero los tercios coronal y

medio se eliminan interferencias que pueden causar transportaciones apicales además de promover el flujo de los irrigantes de manera más fácil hacia todo el conducto (Stock, 1996) (Nagaraja, 2010). Existen algunas maneras de realizar esta técnica, se recomienda primero tomar una longitud de trabajo con una lima de calibre pequeño antes de la instrumentación para así poder localizar el tope de las limas de mayor calibre y evitar complicaciones como perforaciones apicales (Tsesis, 2008) (Ingle, 2002). Después se deberá introducir limas de gran calibre pero sin ejercer fuerzas excesivas dentro del conducto radicular, de esta manera se podrá realizar una instrumentación por tercios e ir disminuyendo el diámetro de la lima hasta llegar a la longitud de trabajo con la lima apical maestra (Ingle, 2002) (Castellucci, 2003) (Nagaraja, 2010). Es importante que al realizar esta técnica se recapitule la longitud de trabajo con una lima de calibre pequeño para evitar taponamientos de los conductos (Castellucci, 2003) (Tsesis, 2008).

## **2.2 Instrumentos Manuales**

Los instrumentos de acción manual para preparar el espacio de la pulpa radicular se conocen comúnmente como limas, estos ensanchan los conductos mediante movimientos de entrada y de salida, recíprocos o rotatorios (Cohen & Hargreaves, 2008) (Neskovic, 2010). El primer instrumento endodóntico fue creado en 1838 por Mayard quien lo creó a partir de un muelle de reloj (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Estos instrumentos fueron creados para una instrumentación apico-coronal pero ninguno de los fabricantes había creado una manera de estandarización de diámetro ni de longitud de los instrumentos (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Recién en la

década de los 50 Jhon Ingle propuso la creación de un sistema estandarizado de instrumentos con diámetros y longitudes determinadas (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005) (Ingle, 2002). Oficialmente en 1961 la Asociación Americana de Endodoncia aprueba la propuesta de Ingle y con algunas modificaciones a su sistema se empiezan a crear limas y ensanchadores con los diámetros establecidos hasta el día de hoy (Ingle, 2002).

A partir de esto se elaboró determinada terminología para todos los instrumentos de preparación mecánica que resume todo lo relacionado a su preparación, diseño, técnica empleada sobre el instrumento y su reacción al encontrarse dentro del conducto radicular (Cohen & Hargreaves, 2008). Según Cohen los siguientes términos cuantifican las acciones y reacciones de las fuerzas ejercidas por el instrumento dentro del conducto radicular:

**Corte Transversal:** La forma en la que el alambre del que está fabricado la lima se dispone sin entorchar y cortado transversalmente

**Ángulo Helicoidal:** Es el ángulo formado por el instrumento y sus estrías

**Ángulo de corte:** El ángulo formado por las estrías del instrumento y la dentina de las cuales depende la capacidad de corte y de barrer los restos dentarios.

**Estrés:** La fuerza deformante medida en un área determinada

**Punto de concentración del estrés:** Un cambio brusco en la forma de la lima que ocasiona un nivel de estrés más alto en ese punto que en el resto de la lima.

**Tensión:** La cantidad de deformación que experimenta una lima

**Límite de elasticidad:** Valor establecido que representa la máxima tensión que al aplicarse a una lima permite que vuelva a sus dimensiones originales.

**Deformación elástica:** La deformación reversible que no excede el límite de elasticidad

**Memoria plástica:** Propiedad de los metales convencionales que permite que un instrumento recupere su forma original después de haber sufrido una deformación

**Deformación Plástica:** El desplazamiento permanente por desunión que aparece cuando se ha excedido el límite de elasticidad

**Límite de Plasticidad:** El punto en el que una lima plásticamente deformada se rompe

Tomado de: (Cohen & Hargreaves, 2008)

### 2.2.1 Estandarización de los Instrumentos Manuales

Después de la propuesta de Ingle se determinaron los diámetros específicos de cada uno de los instrumentos y las partes y características de cada uno de ellos (Castellucci, 2003). Se estableció que la parte más aguda de la punta de la lima se llamaría D1 y que la parte activa de la misma sería de 16mm por lo que el fin de la parte activa se llamaría D16 además la diferencia de los diámetros entre D1 y D16 sería de 0.32mm lo que determinara un ángulo helicoidal de las limas de 45° (Ingle, 2002) (Castellucci, 2003) (Aristizabal, 2005). Esto quiere decir que independientemente del tamaño de la lima esta tendrá un aumento de conicidad constante de 0.02mm por cada milímetro de longitud de la parte activa del instrumento (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Una vez establecida la conicidad y longitud de la parte activa se determinó también que se comercializarían limas de 21, 25 y 31mm de longitud independientemente de la parte activa que siempre mantendrá la longitud de 16mm (Ingle, 2002).

Los colores de cada una de las limas también se determinaron y se las clasificó por series y por el diámetro de la punta de la parte activa (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005). La primera se denominó pre serie y está compuesta de tres limas entre las cuales existe un incremento de 0.02mm entre el diámetro de la punta y se les asignó un color a cada una en este caso el rosado para la lima 06, el gris para la lima 08 y el morado para la lima 10 (Castellucci, 2003) (Ingle, 2002). En segundo lugar se estableció la primera serie de limas en las que hay un aumento de 0.05mm entre los diámetros de la punta de las mismas por lo que van desde la numeración 15mm hasta la 40mm y también se les asignó un color a cada uno de los 6 instrumentos que forman parte de esta serie y son blanca, amarilla, roja, azul, verde y negra respectivamente (Castellucci, 2003) (Ingle,

2002). Además se determinó la utilización de una segunda serie en la que los primeros instrumentos, de la 45mm a la 60mm tienen el mismo aumento de diámetro que de la serie anterior pero a partir de la 60 aumentan en 0.1mm por lo que se estandarizaron las limas 60, 70 y 80 bajo la misma codificación de color que la serie anterior (Castellucci, 2003). Por último se determinó que todas las limas independientemente de la marca tendrán de 1.97 a 0.88 estrías cortantes por milímetro a diferencia de los ensanchadores que tienen de 0.80 a 0.28 (Aristizabal, 2005).

### **2.2.2 Limas Tipo K**

Las limas tipo K son probablemente el instrumento endodóntico más vendido en el mundo y el más utilizado. Estas limas son fabricadas al entorchar una barra de acero inoxidable con un corte transversal cuadrado lo que la hace resistente a la torsión y flexión haciéndola útil para la exploración inicial de los conductos radiculares ya que el contacto con sus cuatro puntos la hace más perceptible a la sensación táctil (Goldberg, 1997) (Peters, 1999) (Neskovic, 2010). La punta de la lima tipo K es activa y tiene una transición agresiva hacia el primer espiral por lo que puede crear transportaciones apicales si se utilizan las limas de gran calibre en instrumentos curvos (Castellucci, 2003). Este tipo de lima produce mucho barrillo dentinario por su gran capacidad de corte lo que puede llegar a bloquearlas y no permitir que estas realicen una acción apropiada (Castellucci, 2003) (Estrela, Ciencia Endodontica, 2005). El ángulo helicoidal de estas limas como en el resto de limas de estandarización ISO es de 45°, el ángulo de corte es de 90° y los movimientos recomendados para la utilización de estas limas son de rotación y limado (Aristizabal, 2005).

### **2.2.3 Limas Tipo K FlexoFile (Dentsply/Maillefer)**

Las limas tipo Flexofile (Dentsply/Maillefer) son fabricadas de la misma manera que las limas K, son una modificación entorchada a partir de un corte transversal triangular (Castellucci, 2003). Otra diferencia significativa que tienen estas con las limas tipo K es que en este caso se deja a un lado la punta activa y se las crea con una punta redonda (Villena, 2001) (Castellucci, 2003) (Tepel, 1997). El hecho de cambiar el corte transversal de la lima pero haciéndola con la misma cantidad de estrías cortantes que la lima tipo K reduce la masa de la lima en un 37.5% lo que provoca un aumento de la flexibilidad de la lima y la capacidad de corte (Aristizabal, 2005) (Cohen & Hargreaves, 2008). Estas características hacen de estos instrumentos más aptos para su utilización en conductos curvos y están particularmente aptos para su utilización con una técnica de fuerzas balanceadas por la reducción en la fricción que las limas causan en contacto con la dentina del conducto radicular (Castellucci, 2003). El ángulo helicoidal de las limas K Flexofile se mantiene en 45° ya que la estandarización ISO no varía, el ángulo de corte es de 60° ya que presenta un mayor número de estrías (Aristizabal, 2005).

### **2.2.4 Aleaciones de Níquel Titanio**

El níquel titanio se empezó a utilizar en la Odontología como Nitinol para su uso en arcos de Ortodoncia que permitían movimientos más suaves. (Rojas, 2011) (Nagaraja, 2010). Este uso de níquel titanio fue estudiado principalmente en los laboratorios de

archilleria de la marina americana desde 1960 pero fue desde 1988 que se generaron instrumentos endodònticos con esta aleación (Viteri, 2010). De esta manera debido a su menor corrosión, biocompatibilidad y superelasticidad se comienzan a utilizar instrumentos endodònticos de níquel titanio que potencialmente disminuyen accidentes y ayudan a una mejor conformación del sistema de conductos radiculares (Burroughs, 2012) (Vaudt, 2009).

El níquel titanio, esta es una aleación que puede ser programada según su composición química para que no sea necesario un cambio térmico para su deformación sino la aplicación o retiro de una fuerza (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Entre las propiedades de esta aleación esta la superelasticidad que causa que los instrumentos sufran una transformación cuando existe una aplicación de estrés cíclico (Bahia M. , 2005) (Glavicic, 2011). Otra característica importante de las aleaciones de níquel titanio es la memoria de forma en la que una vez terminado el estrés cíclico en la que la transformación ocurrió la lima vuelve a su estado original (Bahia M. G., 2006) (Bahia M. G., 2006).

### **2.2.5 Limas NiTi Flex (Dentsply/Maillefer)**

Las limas NiTi Flex (Dentsply/Maillefer) son hechas de una aleación de níquel titanio en la que existe un 55% de níquel y un 45% de titanio (Cohen & Hargreaves, 2008) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Young & Vliet, 2004). Este tipo de lima no es fabricada a partir de un alambre de níquel titanio con corte transversal triangular con una conicidad de 0.02 sino micromaquinado para obtener las estrías

necesarias (Castellucci, 2003) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Estas limas tienen un corte transversal que varía dependiendo del diámetro de la lima con el fin de mantener una flexibilidad constante y una buena resistencia torsional (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Por lo tanto las limas de menor calibre tienen un corte transversal triangular pero con lados convexos para incrementar la masa del material y por lo tanto la resistencia torsional del mismo (Castellucci, 2003). Mientras va aumentando el diámetro de las limas según las estandarización ISO se cambia el corte transversal para que los lados del triángulo sean cóncavos para preservar la flexibilidad de los instrumentos (Castellucci, 2003) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002).

#### **2.2.6 Sistema Protaper (Dentsply/Maillefer)**

Con la creación de instrumentos manuales de Níquel-Titanio fueron apareciendo también sistemas rotatorios del mismo material que funcionan a base de motores con los que se puede controlar las revoluciones de rotación y el torque, estos sistemas minimizan muchos de los errores de la endodoncia y el tiempo de trabajo pero requieren de un entrenamiento previo para poder controlarlo (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Glavicic, 2011). Dentro de estos instrumentos rotatorios aparece el sistema ProTaper Universal (Dentsply-Mailleffer) que introduce un sistema de conicidades variables de Níquel-Titanio y que se presentó después como limas manuales dada la dificultad de la adquisición y manejo de un equipo rotatorio (Herrera, 2004). Este sistema varía la estandarización ISO de las conicidades de las limas comunes, en cambio ProTaper presenta conicidades distintas en cada uno de sus instrumentos para así lograr una mejor

limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Herrera, 2004). Dentro del sistema ProTaper existen dos tipos de instrumentos, en primer lugar se encuentran los instrumentos de modelado o “Shaping Files” que son denominadas SX, S1 y S2 y que presentan diámetros en D1 de 0.19mm, 0.17mm y 0.20mm respectivamente (Saunders, 2005) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Ahmad, 2010). Las limas S1 y S2 tienen un diámetro máximo en D14 de 1.20 y la lima SX por ser más pequeña e indicada solamente para el tercio coronal de la raíz solamente tiene 19mm de longitud a diferencia de las otras que pueden tener 21, 25 y 31mm pero igualmente tiene un diámetro final de su parte activa en D14 de 1.20 (Castellucci, 2003) (Norca, 2010) (Cheung, 2006). Cada una de estas limas es de conicidades variables, SX presenta un aumento de conicidad de 0.035 a 0.19 cada milimetro entre D1 y D9 y una conicidad fija de 0.02 cada 2 mm de D10 a D14 (Castellucci, 2003) (Saunders, 2005). S1 presenta 12 conicidades diferentes que van desde 0.02 a 0.11 en cada milimetro de D1 a D14 (Castellucci, 2003) (Montoya, 2008) (Saunders, 2005). S2 presenta 9 conicidades que van desde 0.04 hasta 0.115 desde D1 a D14. Este diseño permite a cada una de estas limas realizar su propio trabajo coronal y permite la entrada de una menor cantidad de dentina en las roscas lo que reduce el potencial de fracturas (Castellucci, 2003) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002) (Saunders, 2005). El segundo tipo de lima de este sistema son las limas de acabado o “Finishing Files” denominadas F1, F2 y F3 que tienen diámetros en D1 de 0.20mm, 0.25mm y 0.30mm respectivamente y tienen a su vez un aumento de conicidad, en la lima F1 0.07, F2 0.08 y F3 0.09. Pero a diferencia de las limas de modelado estas tienen una conicidad decreciente desde D4 a D14 lo que reduce la fatiga del instrumento y aumenta la flexibilidad (Castellucci, 2003) (M. K. Iqbal, 2004) (Saunders, 2005).

### 2.3 Transportación Apical

Dentro del tratamiento de conductos radiculares, sus técnicas e instrumentos existen algunos errores, debido a negligencia de la persona que los opera o por el uso incorrecto de instrumentos para conductos con características distintas(Tsesis, 2008)(Fer, 2009).

Uno de estos errores es la transportación apical que es la remoción de la pared del conducto por fuera de la curvatura en cualquiera de los tercios del conducto debido a la tendencia de las limas a retornar a su estado lineal durante el tratamiento que puede llevar a la formación de escalones o a perforaciones (American Association of Endodontists, 2010)(Cervantes-Amador, 2008).

Existen dos maneras en las que se puede presentar la transportación apical, la primera es dentro del conducto original y la segunda es afectando a las paredes de dentina del conducto (Herrera, 2004). La transportación dentro del conducto radicular se puede dar por la acumulación de barrillo dentinario, falta de patentización durante la instrumentación o por falta de irrigación (Pasternak, 2009)(Herrera, 2004)(Tsesis, 2008).

La transportación a que afecta a la pared dentinaria se da, cuando por falla del operador, quien al aplicar una fuerza excesiva en el instrumento, logra crear otra vía que no es el conducto original(Pasternak, 2009)(Ullman, 2008). En este tipo de transportación se dificulta más el tratamiento ya que esta podría causar una comunicación con el periodonto que se denomina perforación e impedir la instrumentación apropiada de los conductos produciendo un fracaso del tratamiento endodóntico(Ullman, 2008)(Leonardi, 2007).

## **2.4 Determinación de Curvaturas**

Tradicionalmente los dientes con mayores curvaturas han sido los más temidos por su dificultad para realizar una preparación efectiva y por la mayor posibilidad de tener accidentes como transportaciones, perforaciones y escalones durante la preparación (Nagaraja, 2010) (Viteri, 2010). A partir de esto se llegaron a métodos para poder determinar las curvaturas de las raíces con más precisión y así lograr minimizar los riesgos (Nagaraja, 2010) (Viteri, 2010). Entre estos métodos está el de Schneider que en 1971 determinó un método para determinar la curvatura de una raíz a través de radiografías periapicales (Pereira, 1998). Por este método el ángulo de curvatura se determina al trazar dos líneas, la primera es paralela al eje del conducto radicular y la segunda empieza en el ápice radiográfico de la pieza hasta su intersección con la primera línea (Pereira, 1998). A partir de estas dos líneas se puede determinar un ángulo que finalmente será la curvatura que presente el conducto radicular (Pereira, 1998)

## **2.5 Tomografía Computarizada Cone-Beam**

El examen radiográfico ha sido desde siempre una parte vital del tratamiento de conductos radiculares. El problema que este presenta es que provee una imagen en dos dimensiones del diente que en realidad tiene tres dimensiones (Campos Netto, 2011) (Rhodes, 2000). En la actualidad, aunque a mayor costo existen técnicas que nos permiten analizar estructuras anatómicas en las tres dimensiones del espacio y por lo

tanto ver con mayor facilidad la morfología de los conductos radiculares y los errores que pueden ocurrir durante el tratamiento de conductos (Garip, 2001) (Cotton, 2007).

Esta tecnología es la tomografía computarizada con Cone-Beam que proporciona un giro de 360° al objeto lo que nos da la imagen en tres dimensiones a diferencia de la radiografía panorámica común que solo puede representar imágenes en dos dimensiones (Cotton, 2007). Al ser computarizada esta herramienta ayuda a magnificar el objetivo en cualquiera de las tres dimensiones por lo que ha demostrado ser un método diagnóstico efectivo capaz de evaluar los conductos radiculares, tanto cuantitativa como cualitativamente en sus tres dimensiones (Simon, 2006). Además es capaz de hacer cortes de selección de hasta cada 0.2 mm en cualquiera de los sentidos de la tomografía lo que nos ayudara para determinar la trasportación apical en este estudio específicamente en el tercio apical de la raíz realizando cortes axiales (Estrela, 2008) (Rhodes, 2000).

El tomógrafo computarizado Cone-Beam funciona a través de un tubo generador de rayos X y una serie de placas receptoras de los rayos que pasarán su información directamente a través de cables de fibra óptica a una computadora que reconstruirá las imágenes tomadas por la placa receptora (Garip, 2001) (Campos Netto, 2011). Dentro de este software de computación se pueden modificar las imágenes de tal manera en la que se pueden retirar imágenes superpuestas para poder analizar la forma de estructuras anatómicas, lesiones, entre otros (Simon, 2006) (Low, 2008). Por este motivo es que hoy en día la tomografía computarizada Cone-Beam es una herramienta útil para el diagnóstico, tratamiento y evaluaciones post-operatorias dentro de todas las ramas de la Odontología (Low, 2008) (Tsukiboshi, 2006).

### **3. Metodología**

#### **3.1 Muestra**

Para este estudio se seleccionaron 100 raíces de dientes humanos de todas las clases, extraídos cuyos conductos cumplieran con los requisitos de curvaturas de Schneider que van desde 40° a 50° y que se encuentren en los criterios de inclusión y exclusión del estudio (Pereira, 1998).

##### **3.1.1 Criterios de Inclusión**

Se consideraron raíces de dientes humanos que posean el ángulo de 40 a 50° y radio de curvatura estandarizado por el método de Schneider (Pereira, 1998). Además que hayan sido preservados en suero fisiológico después de la extracción dental a temperatura ambiente. Además este no debe haber sido tratado endodónticamente y tener conductos permeables.

##### **3.1.2 Criterios de Exclusión**

Se excluyeron los dientes que hayan sido extraídos y modificados bajo algún tratamiento químico o preservados bajo circunstancias que puedan afectar el curso de la investigación. Además no se consideraron raíces fusionadas para facilitar el corte de estas desde el piso de la cámara del diente. Por otro lado se excluyeron las raíces con curvaturas mayores o menores del rango establecido para el radio y ángulo de curvatura de cada raíz.

### 3.2 Metodología

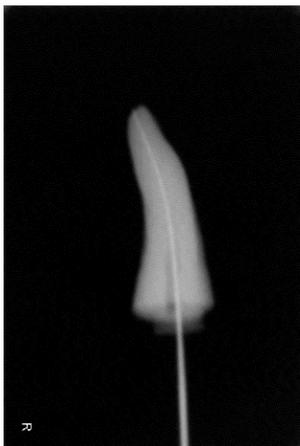
Para este estudio se seleccionaron 100 raíces de dientes humanos de todas las clases extraídos cuyos conductos cumplan con los requisitos de curvaturas del estudio diseñado por Schneider que van desde 45 a 50° y que se encuentren en los criterios de inclusión y exclusión del estudio (Pereira, 1998).

En primer lugar se tomaron radiografías periapicales individuales de todas las raíces para confirmar las curvaturas antes mencionadas y los criterios de inclusión y exclusión del estudio (Figura 1).



*Figura 1: Radiografía periapical de Raíz en Estudio con Curvatura de 40°*

Se cortaron todos los dientes con discos de diamante a una longitud estandarizada de 13mm. Después se tomaron radiografías individuales exploratorias con una lima Tipo K en el conducto para determinar la longitud de trabajo que será a 0.5 mm del ápice radiográfico (Figura 2).



*Figura 2: Radiografía Periapical de una pieza del estudio confirmando la longitud de trabajo con una lima 10 Tipo K*

Se montaron los dientes uno por uno en un fantoma pre elaborado con acrílico para fijarlos y cera en el foramen apical para evitar su taponamiento. Este simuló una boca humana para poder introducirlo después en el tomógrafo y que las medidas sean lo más certeras posibles.



*Figura 3: Fotografía del fantoma pre elaborado con los dientes en acrílico*

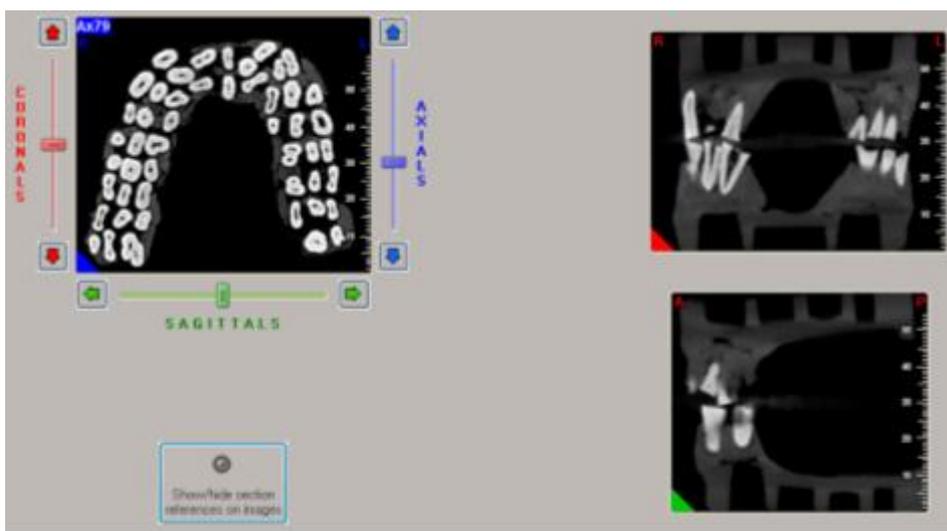
Se crearon 4 grupos de 25 raíces cada uno. El primer grupo fue destinado al estudio para limas tipo K (Dentsply/Maileffer). El segundo grupo fue destinado al estudio para limas tipo K-Flexofile (Dentsply/Maileffer). El tercer grupo fue destinado al estudio para

limas Ni Ti Flex (Dentsply/Maileffer). Por último el cuarto grupo fue destinado al estudio de las limas del sistema ProTaper Manual (Dentsply/Maileffer).

Se llevó el fantoma sin modificaciones al tomógrafo Cone-Beam en donde se tomaron imágenes en tres dimensiones del fantoma con las raíces. Se lograron mediciones exactas por trazados milimétricos realizados por el programa de computación NNT en diversos planos y cortes (Figura 4 y 5).

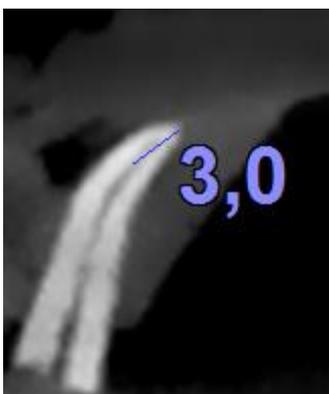


*Figura 4: Fotografía del fantoma con los dientes en la posición estandarizada listo para la tomografía*



*Figura 5: Figura Multiplanar de la Tomografía Computarizada Cone-Beam*

Con la ayuda del sistema computarizado NNT se obtuvieron cortes axiales de los últimos 3mm de la raíz sin modificación a partir de distintos planos y cortes para poder medir las curvaturas internas y externas de las raíces antes de ser instrumentadas (Figura 6 y 7).



*Figura 6: Corte Tomográfico Sagital Con la medida de los últimos 3mm apicales de la raíz*



*Figura 7: Corte Tomográfico Axial con las medidas de la curvatura interna y externa de la raíz*

Después las raíces para las limas Tipo K, FlexoFile y NiTi Flex fueron instrumentadas con los tres tipos de limas con la misma técnica Crown Down. Se patentizaron los conductos con limas manuales 10 y 15 después de la instrumentación con cada lima hasta llegar a la lima apical maestra. Además se irrigó entre lima y lima con una solución de hipoclorito de sodio al 5.25% con una cantidad de 10 cc. Para el Sistema ProTaper Manual se utilizó la técnica Crown-Down con la secuencia recomendada por el fabricante y con una irrigación de hipoclorito de sodio entre lima y lima de 10cc.

Secuencia Estandarizada para las limas Tipo K, Flexofile y NiTi Flex:

0.50

0.45

0.40

0.35 Lima Apical Maestra

Secuencia Estandarizada Para el Sistema ProTaper Manual:

S1: Hasta el tercio medio

SX: Para preparación del tercio coronal

0.10 Tipo K: Longitud de Trabajo

0.15 Tipo K: Longitud de Trabajo

S1: Longitud de Trabajo

S2: Longitud de Trabajo

F1: Longitud de Trabajo

F2: Longitud de Trabajo

F3: Longitud de Trabajo

Se llevó al fantoma al Tomógrafo Cone-Beam con las raíces previamente instrumentadas para obtener las medidas correspondientes a las raíces instrumentadas que fueron evaluadas de la misma manera que la tomografía anterior a la instrumentación con el programa computarizado NNT y con el mismo protocolo de cortes tomográficos.

Por último se compararon mediante el mismo sistema computarizado las imágenes con los cortes axiales estandarizados en las dos tomografías, las distancias de curvatura interna y externa obtenidas con los cuatro tipos de limas fueron evaluadas mediante las fórmulas de Gambil 1996 para obtener el índice de transportación apical (Garip, 2001).

CIN: Curvatura Interna No Instrumentada

CII: Curvatura Interna Instrumentada

CEN: Curvatura Externa No Instrumentada

CEI: Curvatura Externa Instrumentada

A partir de estas descripciones se designaron variables X y Y para simplificar la fórmula por lo que la interpretación matemática de la fórmula es:

$$X = CIN - CII$$

$$Y = CEN - CEI$$

Por lo tanto según la fórmula de Gambil:

$$\text{Transportación: } T = X - Y$$

Una vez elaboradas las tablas de referencia con los valores matemáticos se realizó a un análisis estadístico con el programa de computación SPSS y manualmente en donde se comprobó la validez de la hipótesis

## 4. Resultados

### 4.1 Análisis de Transportación Apical

Usando la fórmula de Gambil se consideró a los dientes que fueron instrumentados con los instrumentos Tipo K, Flexofile, NiTi Flex y Protaper manual. Para el estudio se analizaron 23 dientes para Tipo K y Protaper Manual y 24 dientes para Flexofile y Niti Flex; originalmente se instrumentaron 25 dientes por instrumento pero se eliminaron dos raíces de las limas Tipo K y de Protaper Manual y una raíz de Flexofile y Niti Flex a causa de fractura de los instrumentos en el tercio apical.

Una vez obtenidas distancias de las curvaturas internas y externas con cada uno de los dientes (Figuras 8-15) y ser sometidas a la fórmula antes descrita individualmente se obtuvieron los siguientes resultados (Tablas 1-4).

*Tabla 1: Transportación Apical para Limas Tipo K*

	CIN	CII	CEN	CEI	TRANSPORTACION
1	1,2	1,2	0,9	1,2	0,3
2	0,8	0,9	0,9	1,2	0,2
3	0,9	1,2	1,5	1,5	-0,3
5	0,9	0,9	0,9	1,5	0,6
6	0,6	0,6	0,9	1,2	0,3
8	1,5	1,2	0,9	0,9	0,3
9	1,8	1,8	0,9	0,6	-0,3
10	1,2	1,5	1,2	1,2	-0,3
11	1,2	0,6	0,9	0,9	0,6
12	0,9	0,9	1,2	1,2	0
13	1,8	2,1	1,5	1,5	-0,3
14	1,5	1,3	1,5	1,2	-0,1
15	1,2	1,2	0,9	1,2	0,3
16	1,2	1,5	1,8	2,1	0
17	0,9	0,9	0,9	1,1	0,2
18	1,1	1,3	1,1	1,1	-0,2
19	1,5	1,5	1,2	0,9	-0,3

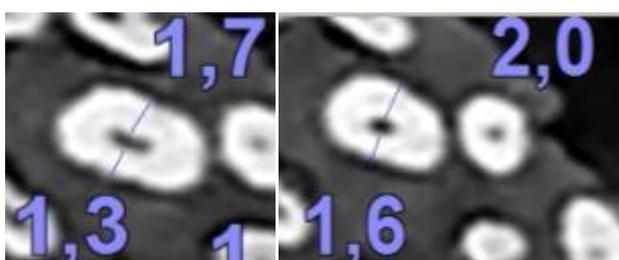
20	1,3	1,6	1,7	2	0
21	0,4	1,1	0,8	0,8	-0,7
22	0,8	1,1	1,3	1,7	0,1
23	0,9	1,2	0,9	0,9	-0,3
24	1,8	1,5	1,2	1,5	0,6
25	1,1	1,1	0,8	1,1	0,3

Entre las muestras más significativas se encuentran las que demostraron una mayor transportación apical de la tabla anterior que mostro 0,6mm de transportación apical (Figura 8). También se encuentran muestras en las que no se demostró transportación apical (Figura 9).

*Figura 8: Muestra Instrumentada con Lima Tipo K que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*



*Figura 9: Muestra Instrumentada con Lima Tipo K que No Mostró transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*



*Tabla 2: Transportación Apical para Limas KFlexofile*

					TRANSPORTACION
	CIN	CII	CEN	CEI	
1	1,2	0,9	0,9	1,2	0,6
2	2,1	2,4	2,7	2,4	-0,6
3	1,2	1,5	0,9	1,2	0
4	0,8	0,8	0,8	1,1	0,3
6	1,2	1,5	1,5	1,5	-0,3
7	0,8	0,9	0,8	0,8	-0,1
8	1,8	2,1	2,1	2,1	-0,3
9	0,7	0,9	1,3	0,7	-0,8
10	1,2	0,9	1,2	1,2	0,3
11	1,5	1,8	1,2	1,2	-0,3
12	2,1	1,8	2,1	2,1	0,3
13	1,2	0,9	0,9	1,2	0,6
14	0,9	0,9	0,6	1,2	0,6
15	0,9	1,5	1,5	1,8	-0,3
16	0,8	0,8	1,7	1,9	0,2
17	1,3	1,3	1,3	0,8	-0,5
18	1,5	2,1	1,3	1,3	-0,6
19	0,7	0,7	0,7	1,1	0,4
20	1,3	1,3	1,3	1,1	-0,2
21	1,1	1,1	1,1	1,3	0,2
22	1,3	1,3	1,7	1,9	0,2
23	0,9	1,1	0,7	0,7	-0,2
24	1,1	1,1	0,9	1,1	0,2
25	0,9	1,1	0,7	1,3	0,4

*Figura 10: Muestra Instrumentada con Lima K Flexofile que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*



Figura 11: Muestra Instrumentada con Lima K Flexofile que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente



Tabla 3: Transportación Apical para Limas K NiTi Flex

	CIN	CII	CEN	CEI	TRANSPORTACION
1	1,5	1,5	0,9	1,2	0,3
2	0,6	0,9	0,9	0,9	-0,3
3	1,5	1,5	2,1	1,8	-0,3
4	0,6	0,6	0,9	0,9	0
5	0,9	1,5	1,5	1,5	-0,6
6	1,5	2,1	1,5	1,5	-0,6
7	0,9	0,9	1,5	1,2	-0,3
8	0,9	0,9	0,8	1,2	0,4
9	1,2	1,2	0,9	1,2	0,3
10	1,2	1,5	1,5	1,5	-0,3
11	1,8	1,2	2,4	1,4	-0,4
12	1,1	1,5	1,1	1,5	0
13	0,6	1,2	1,2	1,8	0
14	1,1	1,2	1,3	1,5	0,1
15	1,8	2,1	1,2	1,2	-0,3
16	0,6	0,6	0,6	0,6	0
17	1,5	1,5	1,2	0,9	-0,3
18	0,9	0,9	1,2	1,2	0
19	1,5	1,9	1,7	1,5	-0,6
21	1,1	0,8	0,8	0,8	0,3
22	1,3	1,1	0,8	1,3	0,7
23	1,1	1,5	1,3	1,7	0
24	0,9	0,7	0,9	0,9	0,2
25	0,7	0,9	0,7	0,7	-0,2

*Figura 12: Muestra Instrumentada con Limas K NiTi Flex que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*



*Figura 13: Muestra Instrumentada con Lima NiTi Flex que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*

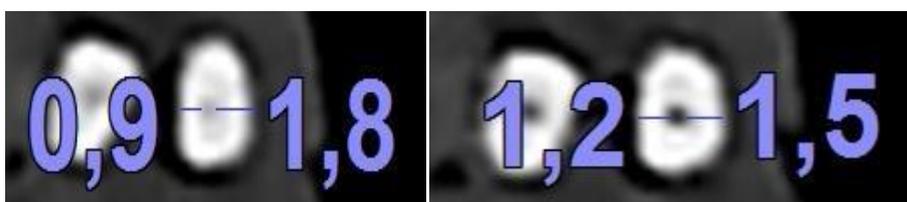


*Tabla 4: Transportación Apical para el Sistema ProTaper Manual*

	CIN	CII	CEN	CEI	TRANSPORTACION
1	1,2	1,2	1,2	1,5	0,3
2	2,7	1,2	2,1	1,8	1,2
4	0,6	0,9	0,6	0,7	-0,2
5	1,2	1,2	1,5	1,8	0,3
6	0,9	0,9	1,2	1,2	0
7	0,6	0,9	0,9	0,9	-0,3
8	1,2	1,2	0,9	1,2	0,3
9	1,5	1,5	2,1	1,8	-0,3
10	1,2	0,9	1,5	1,2	0
11	0,9	1,2	1,2	1,2	-0,3
13	1,8	1,5	1,5	1,8	0,6
14	1,2	0,9	1,2	0,9	0
15	1,2	1,2	1,2	1,2	0
16	1,8	1,2	0,9	1,5	1,2
17	1,5	1,2	1,2	1,5	0,6
18	1,2	0,9	1,2	1,2	0,3
19	0,9	1	0,9	1	0

20	0,9	0,6	0,9	0,9	0,3
21	0,9	1	0,9	1	0
22	1,3	1,3	1,3	1,5	0,2
23	1,8	2,1	1,5	1,5	-0,3
24	1,2	1,1	1,5	1,6	0,2
25	0,9	0,9	0,9	0,9	0

*Figura 14: Muestra Instrumentada con el Sistema ProTaper Manual que Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación Respectivamente*



*Figura 15: Muestra Instrumentada con el Sistema ProTaper Manual que No Mostró Transportación Apical Antes y Después de la Instrumentación*



#### 4.1.1 Estadística Descriptiva

Una vez obtenidas distancias de las curvaturas internas y externas con cada uno de los dientes y ser sometidas a la fórmula antes descrita individualmente se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 5).

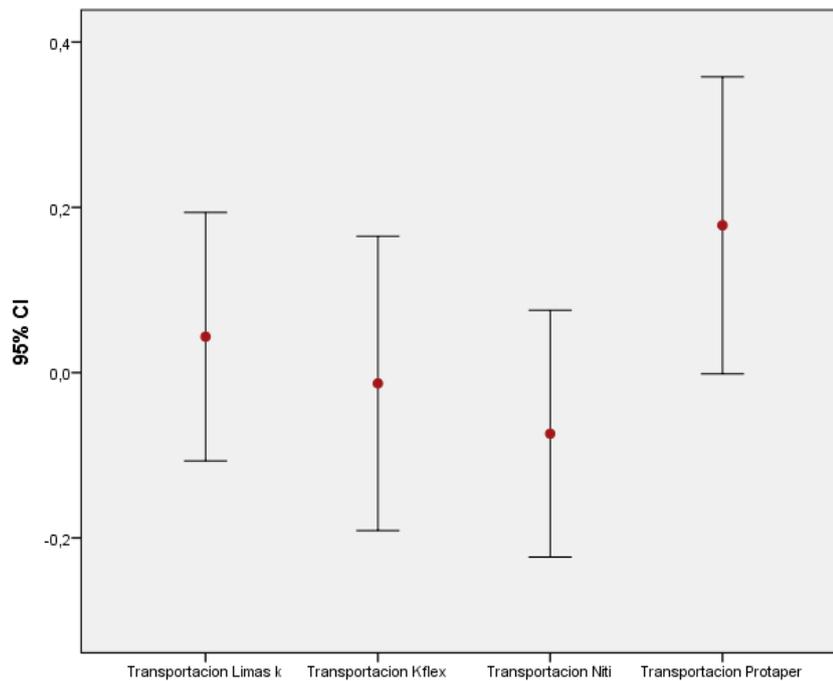
*Tabla 5: Tabla Estadística Descriptiva Para Transportación Apical*

	Tipo K	FlexoFile	NiTi Flex	ProTaper Manual
N	23	24	24	23
No Transportó	3 (12, 5 %)	1 (4, 2 %)	6 (25%)	7 (29, 2%)
Transportó	20 (87,5)	23 (95, 8 %)	18 (75%)	16 (70, 8 %)
Media	0,044	0,004	-0,079	0,178
IC <sub>95%</sub> de la media	0,23 a -0,14	0,18 a -0,17	0,26 a -0,42	0,36 a -0,0077
Mediana	0	0,10	0	0
Moda	-0,30	-0,30	-0,30	0
Máximo	0,60	0,60	0,70	1,20
Mínimo	-0,70	-0,80	-0,60	-0,30
Desviación Estándar	0,35	0,41	0,34	0,42

Como se puede apreciar, las limas ProTaper Manual tuvieron un mayor número de valores 0 seguido por las limas NiTi Flex, Tipo K y Flexofile respectivamente. Los valores 0 indican que en esa muestra no se dio una transportación lineal por lo que en este caso las limas ProTaper manual fueron las que tienen un mayor número de muestras en el que no se dio transportación lineal

En el análisis respectivo de las medias obtenidas con cada lima se puede observar que en las limas NiTi Flex existe un signo negativo que no es un valor indicativo para menor transportación. En las limas Flexofile es menor que 0,01, en tanto que en las limas tipo K, NiTi Flex y ProTaper la media es mayor que 0,01. En este caso al sacar las medias de las muestras con cada uno de los instrumentos se puede distinguir que los instrumentos Flexofile presentan una media menor que el resto de instrumentos lo que indicaría tienen un menor grado de transportación apical. Este análisis no se puede tomar en cuenta ya que existen una gran cantidad de números atípicos que pudieron haber alterado las medias por lo que no se muestra en el análisis de las medias verdaderamente cual de los instrumentos tuvo una menor transportación lineal.

*Gráfico 1: Intervalos de Confianza*



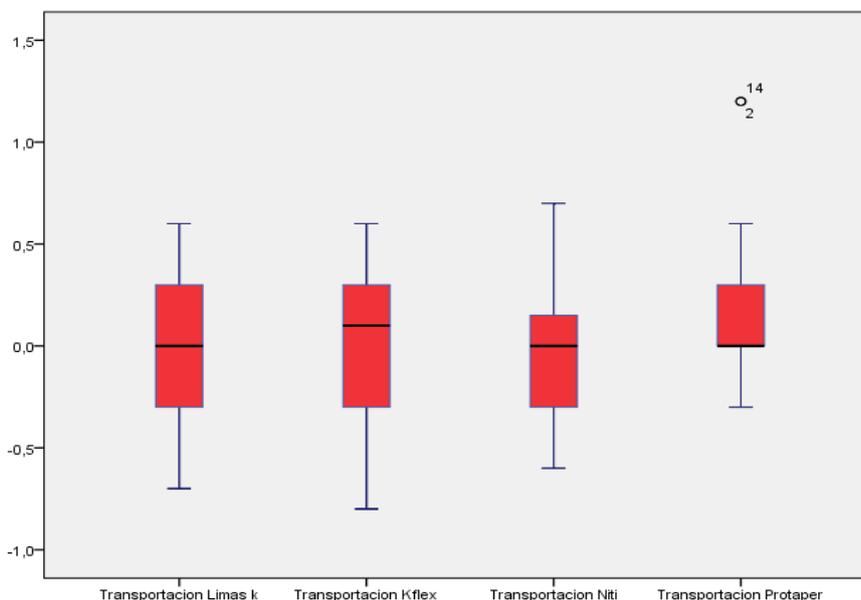
Se realizó un intervalo de confianza para los valores promedio de transportación según el instrumento utilizado (Gráfico 1). El traslape entre los primeros tres instrumentos es muy fuerte entre los tres primeros instrumentos pero es mucho más débil cuando se evalúa el sistema ProTaper Manual. Esto indica que al tratarse de los instrumentos Tipo K, Flexofile y NiTi Flex existen valores similares en sus muestras por lo que no existe un traslape fuerte. En el caso de ProTaper Manual existe un mayor traslape lo que indica una mayor discrepancia de datos entre los instrumentos con estandarización ISO y ProTaper Manual. Ya que este análisis se hace en base a medias e intervalos de confianza se debe recalcar que los valores atípicos sobre todo presentados en el Sistema ProTaper Manual pueden afectar este grafico por lo que no es conclusivo para fines de este estudio.

El análisis de las modas mostró que los instrumentos Tipo K, Flexofile y NiTi Flex tienden a agrupar sus valores alrededor de -0,30 que se encuentra por encima de cero y

ProTaper Manual lo hace en 0. Esto indica que los valores que se dan con mayor frecuencia tratándose de los instrumentos con estandarización ISO son más alejados de cero que en el sistema ProTaper manual lo que indicaría en este caso que este sistema produce en cantidad de muestras una menor cantidad de transportación lineal.

Además se realizó un análisis de medianas con los instrumentos Tipo K, NiTi Flex y Protaper en los cuales la mitad de los datos se encuentra por debajo de 0 y para las limas FlexoFile se encuentran por debajo de 0,10. Para la interpretación y comprensión de estos datos se ha creado un diagrama de caja u bigote que lo representa (Gráfico 2).

*Gráfico 2: Diagrama de Caja y Bigote*



Para demostrar la variabilidad de los datos se realizó un diagrama de caja y bigote (Gráfico 2), los extremos de las líneas representan los datos típicos y todo lo que se

encuentra detrás o delante de ellos son datos atípicos o anormales. El centro de las cajas representa la mediana que representa el valor por el cual se acumula hasta el 50% de los datos. Los bordes superior e inferior de las cajas que son los cuartiles 1 y 3 respectivamente. El borde superior representara la posición en la cual se encuentran el 25% de los datos, mientras el extremo inferior representa el valor hasta el cual se encuentra el 75% de los datos. Se puede confirmar que la variabilidad los datos medidos con los instrumentos Tipo K y FlexoFile son iguales, seguido por la variabilidad de los datos tomados con los instrumentos NiTi Flex y los instrumentos que presentan menor variabilidad son ProTaper Manual. Se puede ver también que los valores tomados con los instrumentos ProTaper Manual presentan los valores más extremos o atípicos. Este análisis indica al igual que el análisis de la moda que el sistema ProTaper Manual presenta una mayor cantidad de datos cercanos a cero lo que indica un menor índice de transportación lineal. Con respecto a los datos atípicos el Sistema ProTaper Manual presenta también una mayor cantidad lo que indica que si bien son los instrumentos que menor grado de transportación presentan existen casos en los que cuando existe transportación se da muy expresivamente.

Es importante indicar que el presente trabajo se llevó a cabo luego de haber obtenido un CCI (Coeficiente de Correlación Intraclase) de 0,8. Se realizó este análisis para determinar si es que las medidas hechas en las tomografías fueron certeras, en este caso se hicieron diez medidas adicionales al azar y se determinó que todas las medidas tomadas en las tomografías tienen una exactitud del 80%.

#### 4.1.2 Comparación entre los Instrumentos Tipo K, Flexofile, NiTi Flex y ProTaper Manual

Se compararon los promedios obtenidos con cada una de las cuatro limas utilizadas, para eso, se realizó un análisis ANOVA en donde  $p < 0,05$  es estadísticamente significativo, el mismo que comparó por pares los promedios obtenidos con cada lima que fueron medidos tomográficamente.

*Tabla 6: ANOVA para comparación de promedios en Transportación Apical*

Comparación Entre Limas	Significación estadística
Transportación Limas k - Transportación Kflex	$p=0,547,$
Transportación Limas k - Transportación Niti	$P=0,222$
Transportación Limas k - Transportación Protaper	$P=0,215$
Transportación Kflex - Transportación Niti	$P=0,386$
Transportación Kflex - Transportación Protaper	$P=0,144$
Transportación Niti - Transportación Protaper	<b><math>P= 0,044</math></b>

Como se puede apreciar, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se compara la transportación entre los instrumentos NiTi Flex y ProTaper Manual ( $p=0,044$ ). Este análisis afirma los resultados anteriores en los que significativamente el Sistema ProTaper Manual tiene un mejor comportamiento en lo que se refiere a transportación apical en comparación con los otros instrumentos estudiados.

## 4.2 Dirección de Transportación Apical

Para determinar la dirección de transportación apical de cada uno de los instrumentos se realizaron pruebas estadísticas independientes de las curvaturas internas y externas utilizando los valores X para curvatura interna y Y para curvatura externa según la fórmula de Gambil presentada anteriormente.

### 4.2.1 Curvatura Interna

#### 4.2.1.1 Prueba de Hipótesis para Variables Pareadas

*Tabla 7: ANOVA para la Evaluación de Curvatura Interna*

Comparación Entre Limas	Significación Estadística
Curvaturas Internas K - Curvaturas Internas KF	p=0,855
Curvaturas Internas K - Curvaturas Internas NiTi	p=0,660
Curvaturas Internas K - Curvaturas Internas Pro	p=0,067
Curvaturas Internas KF - Curvaturas Internas NiTi	p=0,682
Curvaturas Internas KF - Curvaturas Internas Pro	p=0,053
Curvaturas Internas NiTi - Curvaturas Internas Pro	<b>p=0,035</b>

Basados en el análisis anterior se puede confirmar que solamente existe una diferencia estadísticamente significativa con relación a la dirección de transportación apical

hacia la cara interna cuando se compara el los instrumentos NiTi Flex con el sistema ProTaper Manual ya que  $p=0,035$ . Esto indica que el Sistema ProTaper Manual presenta un mayor desgaste hacia la curvatura interna de las raíces lo que indica una mayor agresividad del instrumento hacia esta dirección.

#### 4.2.2 Curvatura Externa

##### 4.2.2.1 Prueba de la Hipótesis para Variables Pareadas

*Tabla 8: ANOVA para la Evaluación de Curvatura Externa*

<b>Comparación Entre Limas</b>	<b>Significación Estadística</b>
Curvaturas Externas K - Curvaturas Externas KF	$p=0,502$
Curvaturas Externas K - Curvaturas Externas NiTi	$p=0,349$
Curvaturas Externas K - Curvaturas Externas Pro	$p=0,383$
Curvaturas Externas KF - Curvaturas Externas NiTi	$p=0,526$
Curvaturas Externas KF - Curvaturas Externas Pro	$p=0,886$
Curvaturas Externas NiTi - Curvaturas Externas Pro	$p=0,828$

Basados en el análisis anterior no se puede encontrar ninguna diferencia estadísticamente significativa para determinar que alguno de los instrumentos haya tenido mayor dirección hacia la cara externa de la raíz que otro.

## 5. Discusión

### 5.1 Análisis de Resultados

Inicialmente cuando se realiza un análisis global únicamente del número de dientes en los que no hubo transportación se podría exponer que en un 29,2% los instrumentos ProTaper manual no produjeron transportación, seguido por los instrumentos NiTi Flex que presentaron un 25%. En tercer lugar las limas tipo K no produjeron transportación en un 12,5% y por último las limas FlexoFile no transportaron en un 4,2%. No obstante este análisis solo muestra variables binarias que no indican por completo el índice de transportación lineal en la utilización de estos cuatro tipos de instrumento.

Al realizar el análisis estadístico respectivo en el análisis de las medias se debe tomar en cuenta que los valores negativos indican únicamente una tendencia del instrumento a producir una mayor transportación hacia una determinada cara, lo que será evaluado posteriormente. Los resultados netamente de transportación indican que mientras más cercanos a cero la transportación es menor. En este caso el resultado es contradictorio ya que la media que más se acerca a cero en el análisis estadístico es la de los instrumentos FlexoFile y en el análisis anterior se determinó que los instrumentos que presentaron una mayor cantidad de muestras en las que no se produjo transportación fue el Sistema ProTaper Manual. Este análisis se puede corroborar con el análisis gráfico con intervalos de confianza que en el caso de los instrumentos FlexoFile son los más cercanos a cero pero no tienen una diferencia significativa en cuanto a los instrumentos Tipo K y NiTi Flex pero al evaluar los resultados con ProTaper Manual su media y sus intervalos de confianza gráficamente son más alejados a cero lo que indicara en el análisis de las medias una transportación apical mayor en el sistema ProTaper Manual inicialmente. Para revelar el

verdadero índice de transportación apical se realizaron los análisis de modas y medianas en donde se determinara verdaderamente con que instrumentos existen valores más cercanos a cero que indican que no se dio transportación lineal.

En el análisis de la moda que es el de los valores que más se repiten dentro del estudio encontramos que en los instrumentos Tipo K, FlexoFile y NiTi Flex los valores se tienden a agrupar cerca del -0,3 y en el caso de los instrumentos ProTaper se tienden a agrupar en 0 por lo que este análisis indica una tendencia de los instrumentos ProTaper hacia una menor transportación lineal.

Para el análisis de la mediana se logra demostrar mejor a través del diagrama de caja y bigote que indica que dentro de la caja se encuentran el 75% de los datos, en el caso de los instrumentos tipo K y FlexoFile no existe una gran cantidad de datos atípicos pero presentan una gran variabilidad ya que sus cajas son de mayor tamaño que las cajas que presentan los instrumentos NiTi Flex y ProTaper Manual lo que indica que los primeros contienen una mayor cantidad de datos más lejanos a cero y que NiTi Flex y ProTaper Manual tienen datos más cercanos a cero. Al evaluar el gráfico únicamente de los instrumentos NiTiFlex y ProTaper Manual se puede determinar que la caja que representa a los valores NiTi Flex es mayor que la caja que representa a ProTaper Manual por lo que es un indicador que ProTaper Manual tiene una mayor cantidad de valores cercanos a cero. Esto indica finalmente una menor frecuencia de transportación lineal en los instrumentos ProTaper, se debe tomar en cuenta también que los Instrumentos ProTaper presentan una mayor cantidad de valores atípicos lo que indica que estos instrumentos provocan una mayor cantidad de transportación lineal cuando esta ocurre.

Con el fin de valorar el grado de concordancia de las mediciones realizadas, se calculó el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) con el fin de determinar la variación de las mismas ya que fueron ejecutadas con un mismo instrumento de medición y por el mismo observador. Los rangos propuestos para este coeficiente son:  $< 0,40$  baja concordancia entre las observaciones,  $0,41$  a  $0,75$  moderada concordancia,  $>0,75$  concordancia alta. Dado que en este estudio se obtuvo un grado de  $0,8$ , se puede afirmar que es un grado de concordancia alta. Por lo que existe un nivel de certeza en las medidas tomográficas para este estudio del  $80\%$ .

Después de realizar el análisis individual de cada una de las limas se comparó los cuatro instrumentos con una prueba ANOVA para determinar cuál es la diferencia estadística entre la transportación apical de los cuatro instrumentos. Al evaluar los resultados se encontró que solamente cuando se comparó los instrumentos NiTi Flex con los ProTaper Manual se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,044$ ). Esto nos indica que solamente los resultados que indican transportación en los instrumentos ProTaper Manual son diferentes a las de los otros tres instrumentos por lo que se confirma que el sistema ProTaper manual tiene una menor transportación lineal significativamente en comparación con los otros instrumentos.

Por último se midió la dirección de la transportación apical comparando los valores de las curvaturas internas y externas de cada instrumento adoptando los valores de X y Y descritos en la metodología. Así se realizó dos análisis ANOVA, el primero utilizando los datos de X para cada instrumento en el que se analizó la curvatura interna y en el segundo los datos de Y de cada instrumento en el que se analizó la curvatura externa.

En el análisis de la curvatura interna al igual que en el caso de los análisis de transportación solamente existe una diferencia estadística significativa en la dirección de la transportación hacia la cara interna de la raíz cuando se comparan los instrumentos NiTi Flex con los instrumentos ProTaper manual, lo que indica que los instrumentos ProTaper Manual tienen una tendencia a transportar hacia la curvatura interna ya que en el análisis estadístico respectivo se indica que son los únicos instrumentos dentro del estudio que significativamente difieren de los otros al desgastar la curvatura interna.

En el análisis de la curvatura externa no existe ninguna diferencia estadística significativa que indique que un instrumento transporte más hacia esta cara.

La transportación apical fue evidentemente menor en los instrumentos de níquel-titanio que en los instrumentos de acero inoxidable, pues los instrumentos de níquel-titanio al entrar en contacto con la curvatura del conducto radicular y con los movimientos realizados generan fricción lo que activa la propiedad de superelasticidad del níquel-titanio que permite al instrumento adaptarse de mejor manera a la anatomía normal del conducto radicular sin producir transportaciones apicales (Bahia M. , 2005) (Glavicic, 2011). Es importante recalcar también que en su elaboración los instrumentos de níquel-titanio no son simplemente entorchados en el mismo como lo son los instrumentos de acero inoxidable Tipo K y Flexofile, sino que micro-maquinados por lo que sus propiedades no se pierden al aumentar el estrés cíclico durante la fabricación a diferencia de las limas comunes de acero inoxidable usadas en este estudio que son entorchadas (Peters, 1999) (Castellucci, 2003) (Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Estas propiedades del níquel-titanio pudieron haber producido una menor transportación en este estudio ya que

evidentemente son mejoras relevantes que estos instrumentos presentan para producir una mayor adaptación a las curvaturas apicales.

Al analizar la transportación entre los dos instrumentos de acero inoxidable, Tipo K y Flexo-File, no se encuentra una diferencia significativa en ninguno de los análisis lo que indica que la reducción de la masa de los instrumentos de acero inoxidable no es un método tan importante para disminuir transportación apical como el cambio a un material más flexible como es el níquel-titanio.

En el análisis de la dirección de la transportación apical es contradictorio que los instrumentos ProTaper Manual hayan sido los instrumentos que presentaron una menor cantidad de transportación pero mayor cantidad de números atípicos, es decir que las transportaciones son más pronunciadas cuando se dan. Se debe tomar en cuenta que si bien los instrumentos ProTaper Manual son fabricados de níquel-titanio sus conicidad son mayores a las conicidad que tienen los instrumentos con estandarización ISO por lo que se producirá un corte más agresivo de las curvaturas internas de las muestras como lo demuestra este estudio(Herrera, 2004)(Leonardo & De Toledo Leonardo, 2002). Por lo tanto si bien el material de fabricación del instrumento es importante para la evaluación de la transportación apical presentada en los instrumentos endodónticos la masa de los mismos también es muy relevante al evaluar la dirección de la transportación apical de cada instrumento.

Por último es importante recalcar que ya no existen en el mercado instrumentos de segunda serie de las mismas características de los instrumentos FlexoFile y NiTi Flex sino únicamente con las características de los instrumentos Tipo K. Con el afán de tener una

semejanza mayor a la práctica clínica, instrumentos de segunda serie tipo K en la instrumentación de todas las muestras con estandarización ISO . Esta realidad pudo haber afectado en la incidencia de transportación ya que son instrumentos de gran masa y muy poco flexibles. Se debe recalcar que en ninguna de las muestras se llegó hasta la longitud de trabajo con estos instrumentos y fueron utilizados con una técnica Crown-Down para disminuir la posibilidad de transportación con estos instrumentos (Ingle, 2002) (Tesis, 2008). Por lo tanto la cantidad de transportación lineal pudo variar mínimamente en este estudio.

Garip en el 2001 presenta un estudio en el que se evalúan instrumentos de níquel-titanio contra instrumentos de acero inoxidable con tomografía computarizada Cone-Beam. En este se presenta que la transportación con instrumentos de níquel-titanio fue menor a la transportación que se provocó con instrumentos de acero inoxidable (Garip, 2001). Además los instrumentos de níquel titanio presentaron una mayor transportación hacia la curvatura interna del diente que no presentaron los instrumentos de acero inoxidable (Garip, 2001). Al igual que en el presente estudio en el que los instrumentos de níquel-titanio presentaron una menor transportación lineal y sobre todo el Sistema ProTaper Manual presento una mayor tendencia a transportar hacia la curvatura interna de la raíz.

Goldberg en 1997 presenta un estudio radiográfico y realizando secciones dentales en el que se evalúa la transportación entre instrumentos tipo K de acero inoxidable y de níquel titanio (Goldberg, 1997). En este estudio se demostró que los instrumentos de acero inoxidable presentan un mayor grado de transportación apical pero no es estadísticamente significativo (Goldberg, 1997). Al igual que en el estudio de Goldberg las diferencias

estadísticas en este estudio no son significativas pero se demostró una mayor transportación lineal cuando se trata de los instrumentos de acero inoxidable.

Nagajara en el 2010 evalúa las diferencias entre los instrumentos ProTaper e instrumentos manuales de níquel-titanio con conicidad de 0,02 (Nagaraja, 2010). A nivel apical no se observó una diferencia estadísticamente significativa al evaluar transportación pero a nivel medio y coronal el sistema ProTaper produjo mayor transportación hacia la curvatura interna (Nagaraja, 2010). En el presente estudio si se logró evaluar una diferencia a nivel apical entre ambos instrumentos estadísticamente significativa pero se concuerda en que el sistema ProTaper tiene una mayor tendencia a la transportación hacia la curvatura interna de la raíz cuando este transporta.

Herrera en el 2004 analiza la transportación en los instrumentos ProTaper con respecto a la permanencia del instrumento dentro del conducto radicular (Herrera, 2004). En este estudio se concluye que a nivel apical los instrumentos ProTaper no producen en gran cantidad una transportación apical que sea estadísticamente significativa (Herrera, 2004). Se debe recalcar que a diferencia del presente estudio, el estudio de Herrera fue realizado en bloques acrílicos que en realidad no representan apropiadamente la anatomía del conducto radicular.

## 6. Conclusión

- A través de la Tomografía Computarizada Cone-Beam se estableció el porcentaje de transportación apical de los instrumentos Tipo K, FlexoFile, NiTi Flex y ProTaper Manual para raíces seleccionadas con curvaturas de 40° a 50°. En la cual el porcentaje mayor de muestras en las que no se transportó es de ProTaper Manual (29,2%), seguido por NitiFlex (25%), Tipo K (12,5%) y finalmente FlexoFile (4,2%).
- Se determinó mediante el análisis con Tomografía Computarizada Cone-Beam 3mm del tercio apical realizando un corte axial dando un índice numérico de transportación mayor para FlexoFile, seguido por Tipo K, NiTi Flex y ProTaper Manual. Después de diversos estudios el índice de transportación no difiere estadísticamente entre Tipo K, Flexofile y NitiFlex pero si para ProTaper Manual que presenta estadísticamente una menor transportación apical.
- Se evaluó la dirección de la transportación apical en la que los instrumentos TipoK, FlexoFile y NiTiFlex no presentan una predilección estadísticamente significativa hacia ninguna de las curvaturas de la raíz. Los instrumentos ProTaper Manual presentaron una mayor dirección de transportación apical hacia la curvatura interna de la raíz que es estadísticamente significativa.
- Los Instrumentos ProTaper Manual fueron los que produjeron proporcionalmente una menor transportación lineal, pero cuando estos lo produjeron el nivel de transportación es más agresivo que los instrumentos con estandarización ISO

## 7. Recomendaciones

Para próximas investigaciones que involucren estudios de transportación apical, es importante tener en cuenta la longitud de trabajo adecuada para trabajar apropiadamente en cada uno de los conductos y realizar las medidas tomográficas más certeras posibles para evitar una distorsión de los datos en la investigación. Es importante el análisis del coeficiente de correlación intraclase para comprobar si es que estas medidas son certeras.

Con relación a los resultados y conclusiones de este experimento se puede decir que los instrumentos de níquel-titanio tienen un menor índice de transportación aunque los instrumentos con estandarización ISO no tuvieron una significancia estadística mayor. En el caso de los instrumentos ProTaper Manual fueron los que produjeron proporcionalmente una menor transportación lineal, pero cuando estos, lo produjeron el nivel de transportación es más alto que el de los instrumentos con estandarización ISO.

Se debe continuar la investigación para la creación de instrumentos que preserven la integridad de la anatomía radicular, así como técnicas de preparación y metodologías para evaluar la acción de dichos instrumentos.

## 8. Bibliografía

Ahmad, W. N. (2010). UKM Undergraduates Perception of Hand Protaper System.

*Malasyan Dental Journal* , 90-93.

American Asociation of Endodontists. (2010). Glossary of Endodontic Terms. *Journal of Endodontics* , 3-51.

Aristizabal, M. (2005). Caracteristicas del diseño de limas manuales. *Dental Tribune* , 18-20.

Bahia, M. G. (2006). Fatigue behaviour of nickel–titanium superelastic wires and endodontic instruments. *Blackewll Publishing* , 518-523.

Bahia, M. (2005). Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal* , 795-801.

Baldarano, F. (2007). Soluciones para irrigacion en endodoncia: Hipoclorito de Sodio y Gluconato de Clorhexidina. *Revista CCDCR* , 11-14.

Burroughs, J. (2012). Shaping Ability of Three Nickel Titanium Endodontic File Systems in Simultated S-Shaped Root Canals. *Journal of Endodontics* , 1618-1921.

Campos Netto, P. (2011). Study of the Internal Morphology of the Mesiobuccal Root of Upper First Permanent Molar Using Cone Beam Computed Tomography. *Int. J. Morphol* , 617-621.

Castellucci, A. (2003). *Endodontics*. Il Tridente.

Cervantes-Amador, F. (2008). Transportacion del Tercio Apical con Light Speed LSX y fuerzas balanceadas empleando la tecnica de medicion angular. *SANID MILT MED* , 86-90.

Cheung, G. S. (2006). Comparison of Defects in ProTaper hand-operated and engine driven instruments after clinical use. *International Endodontic Journal* , 169-178.

Cohen, S., & Hargreaves, K. M. (2008). *Vias de la Pulpa*. Madrid: Elsevier.

Cotton, T. (2007). Endodontic Applications for Cone Beam Volumetric Tomography. *Journal of Endodontics* , 1121-1132.

Estrela, C. (2008). Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics* , 273-273.

Estrela, C. (2005). *Ciencia Endodontica*. Sao Paulo: Editora Artes Medicas.

Fer, E. S. (2009). Development and sequelae of canal transportation. *Endodontic Topics* , 75-90.

Ferraris, M. E. (2005). *Histologia y Embriologia Bucodental* . Madrid: Medica Panamericana.

Frota, M. F. (2013). Cleaning capacity promoted by motor driven or manual instrumentation using ProTaper Universal System: Histologica Analysis. *Journal of Conservative Dentistry* , 79-82.

Garip, Y. (2001). The use of computed tomography when comparing nikel titanium and stainless steel files during preparation of simulated canals. *International Endodontic Journal* , 452-457.

Glavicic, S. (2011). Vertical force and torque analysis during mechanical preparation of extracted teeth using Protaper hand Instruments. *Australian Endodontic Journal* , 51-55.

Goldberg, F. (1997). Comparison of Three Instruments in the Preparation of Curved Root Canals. *Endodontics and Dental Traumatology* , 265-268.

Herrera, A. (2004). Evaluacion de la Transportacion y Ensanchamiento invitro del sistema Protaper. *Revista ADM* , 5-13.

Ingle, J. (2002). *Endodontics* . Hamilton: BC Decker.

Leonardi, L. (2007). COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA EVALUAR LA TRANSPORTACIÓN APICAL. *Acta Odontológica Venezolana* , 1-6.

Leonardo, M. R., & De Toledo Leonardo, R. (2002). *Sistemas Rotatorios en Endodoncia*. Sao Paulo: Artes Medicas.

Low, K. M. (2008). Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. *Journal of Endodontics* , 557-562.

M. K. Iqbal. (2004). Comparison of apical transportation between ProFile™ and ProTaper™ NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal* , 359-364.

Montoya, J. (2008). Estudio Comparativo del Trabajo Biomecanico del Sistema Protaper y la Instrumentacion Manual In vitro. *Revista ADM* , 126-132.

Nagaraja, S. (2010). CT evaluation of canal preparation using rotary and hand NiTi instruments: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry* , 16-22.

Neskovic, J. (2010). Deformations of the Manual Endodontic Instruments During Root Canal Instrumentation . *Serbian Dental Journal* , 21-26.

Norca, C. M. (2010). Evaluacion del Transporte Apical con dos instrumentos Rotatorios: ProTaper y MTwo en primeros molares inferiores . *Revista Salud, Sexualidad y Sociedad* .

Oporto, G. (2010). Variaciones Anatómicas Radiculares y Sistemas de Canales. *Int. J. Morphol* , 945-950.

- Pasternak, J. (2009). Canal Transportation and Centering Ability of RaCe rotary instruments. *International Endodontic Journal* , 1-8.
- Pereira, H. (1998). Assesment of the Apical Transportation of Root Canals Using The Method of the Curvature Radius. *Brazilian Dental Journal* , 39-45.
- Peters, O. (1999). Apical transportation revisited or 'Where did the K-File go?'. *International Endodontic Journal* , 131-137.
- Rhodes, J. S. ( 2000). A comparison of two nickel±titanium instrumentation techniques in teeh using microcomputed tomorgaphy. *International Endodontic Journal* , 279-285.
- Rojas, M. A. (2011). Estudio comparativo in vitro de la transportación del canal radicular, utilizando tres sistemas rotatorios de Níquel-Titanio : HERO Shaper, ProTaper Universal y RaCe. *Universidad de Antioquia* , 9-21.
- Saunders, E. (2005). Hand Instrumentation in Root Canal Preparation . *Endodontic Topics* , 163-167.
- Sberna, M. T. (2009). A preliminary study of the use of peripheral quantitative computed tomography for investigating root canal anatomy. *International Endodontic Journal* , 66-75.
- Schafer, E. (2009). Development and sequelae of canal transportation. *Endodontic Topics* , 75-90.

Schafer, E. (1995). Properties of Endodontic Hand Instruments Used in Rotary Motion. Part 2. Instrumentation of curved canals . *Journal of Endodontics* , 493- 497.

Simon, J. (2006). Differential Diagnosis of Large Periapical Lesions Using Cone-Beam Computed Tomography Measurements and Biopsy. *Journal of Endodontics* , 833-837.

Stock, C. (1996). *Atlas en Color Y Texto de Endodoncia*. Madrid: Harcourt Brace.

Tepel, J. (1997). Endodontic hand instruments: cutting efficiency, instrumentation of curved canals, bending and torsional properties. *Endodontics and Dental Traumatology* , 201-210.

Tsesis. (2008). The effect of maintaining apical patency on canal transportation. *International Endodontic Journal* , 491-435.

Tsukiboshi, M. (2006). Optimal Use of photography radiography and micro computed tomography scanning in the management of traumatized teeth . *Endodontic Topics* , 4-19.

Ullman, F. (2008). Apical Transportation: Two Assessment Methods. *Australian Endodontic Journal* , 1-4.

Vaudt, J. (2009). Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *International Endodontics Journal* , 22-33.

Villena, H. (2001). *Terapia Pulpar*. Lima: Diseno Toral.

Viteri, A. C. (2010). Medicion del grado de transportacion apical utilizando la tomografia Cone-Beam, para la comparacion de los sistemas de instrumentacion rotatoria Twisted File y GT X. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

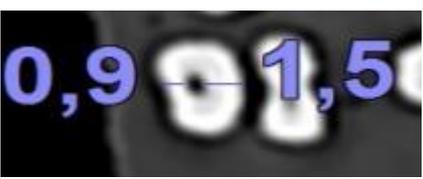
Yamamura, B. (2012). Comparing Canal Transportation and Centering Ability of EndoSequence and Vortex Rotary Files Using Micro Computed Tomography. *Journal of Endodontics* , 1121-1125.

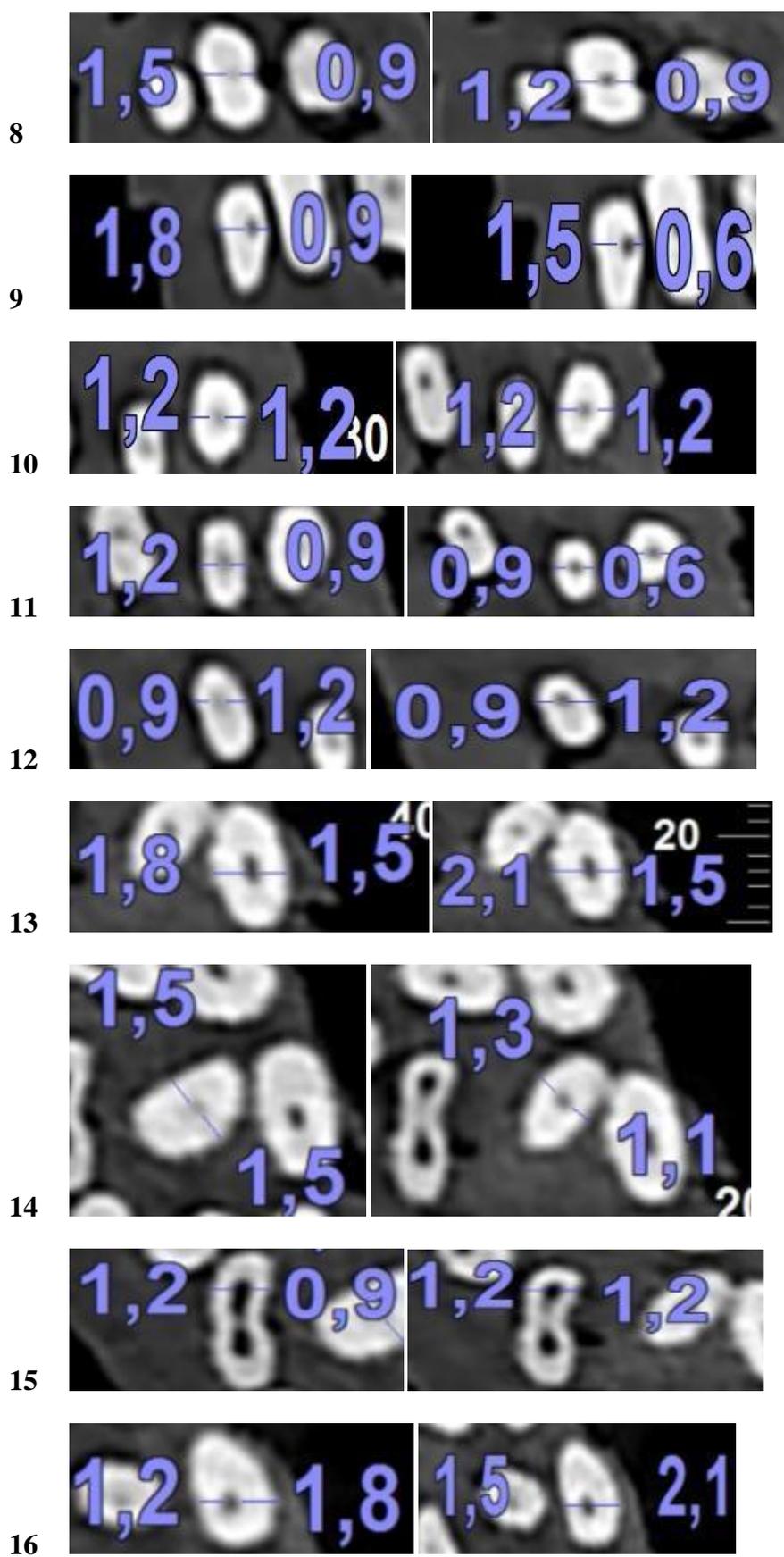
Young, J. M., & Vliet, K. J. (2004). Predicting In Vivo Failure of Pseudoelastic NiTi Devices under Low Cycle, High Amplitude Fatigue. *Willey Periodicals* , 17-26.

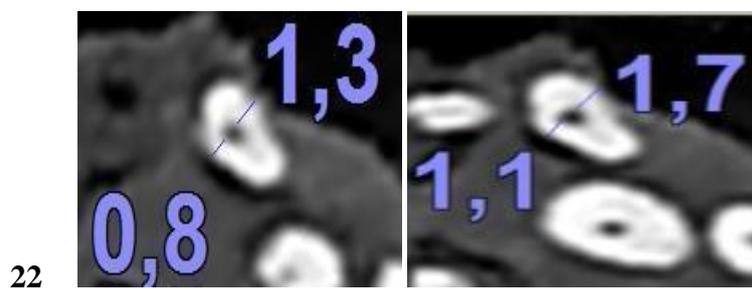
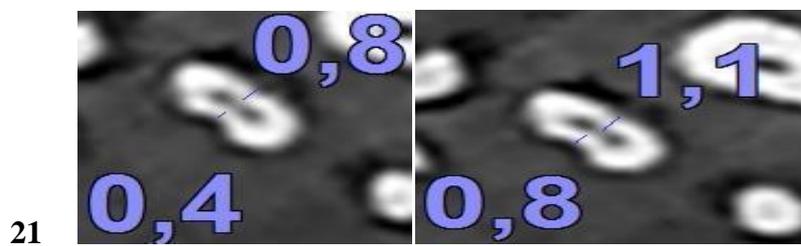
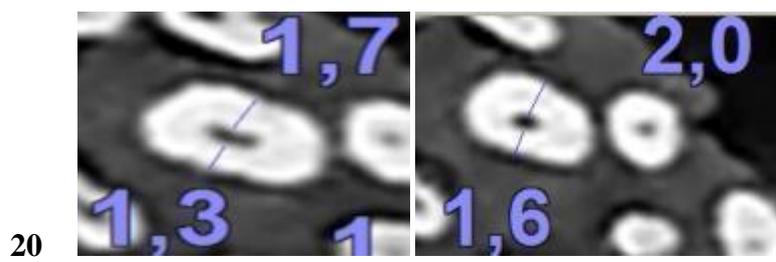
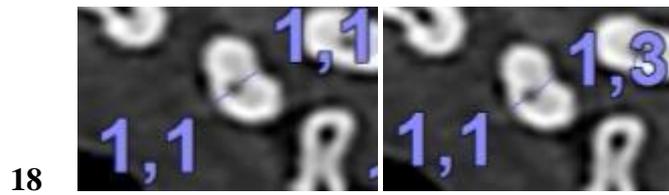
## 9. Anexos

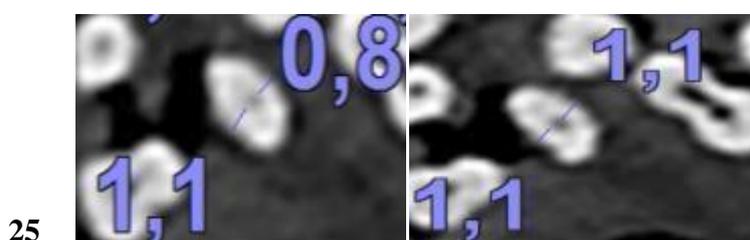
### 9.1 Comparación de Tomografías Antes y Después de la Instrumentación

#### 9.1.1 Limas Tipo K

Raíz	TAI	TDI
1		
2		
3		
4	<b>Eliminado</b>	
5		
6		
7	<b>Eliminado</b>	







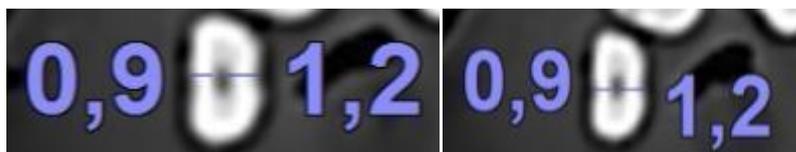
### 9.1.2 Limas K Flexofile

Raíz

TAI

TDI

1



2



3



4



5

Eliminado

6



7



8



9



10



11



12

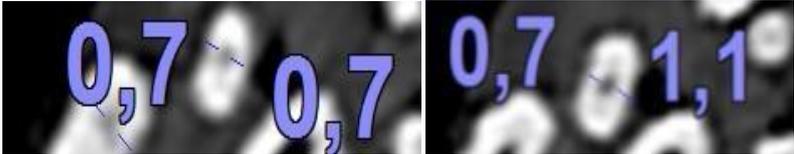
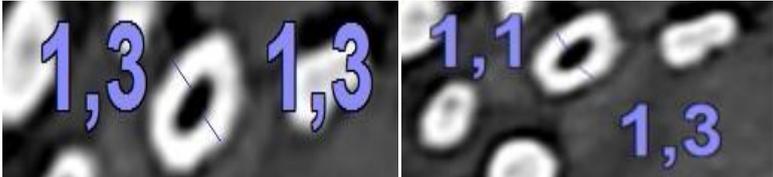


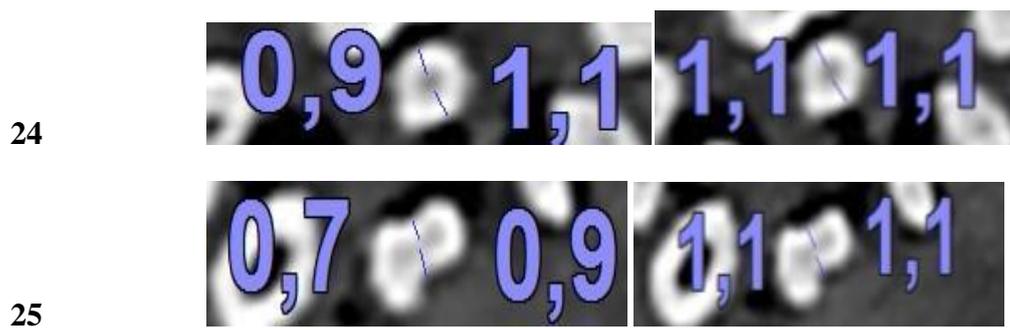
13



14



15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	

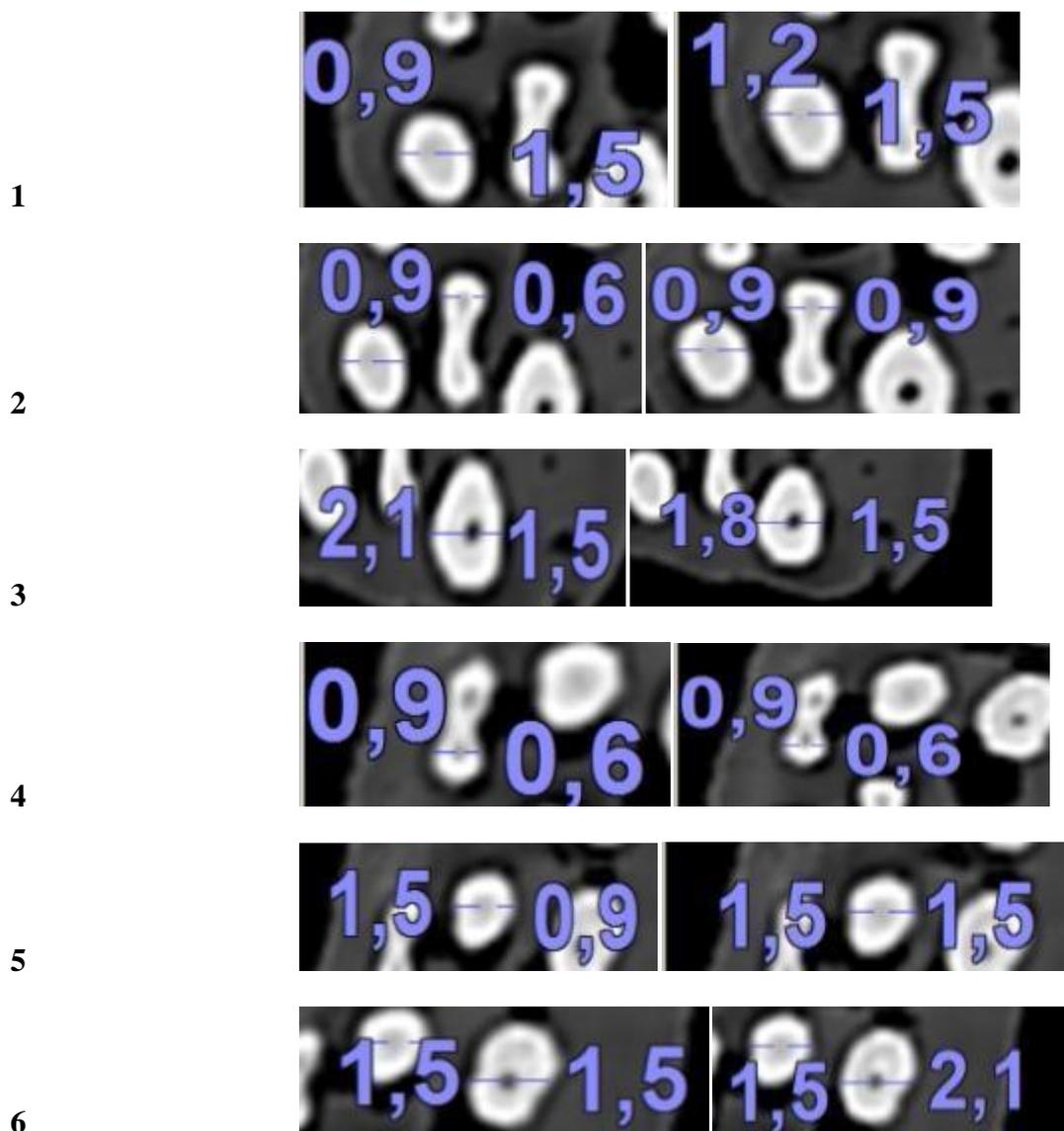


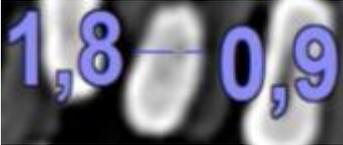
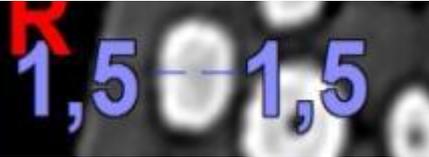
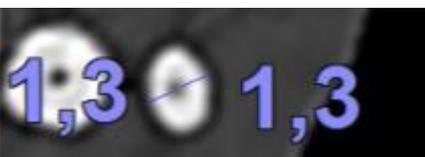
### 9.1.3 Limas K NiTi Flex

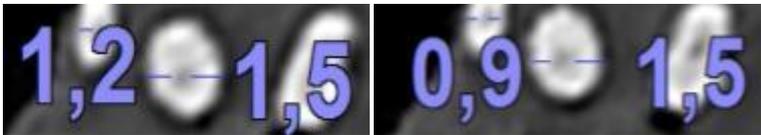
Raíz

TAI

TDI



7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

16	
17	
18	
19	
20	<b>Eliminado</b>
21	
22	
23	
24	
25	

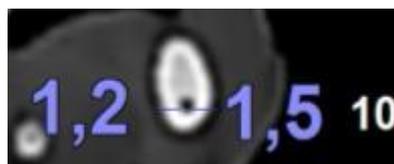
## 9.1.4 Sistema ProTaper Manual

Raíz

TAI

TDI

1



2



3

Eliminado

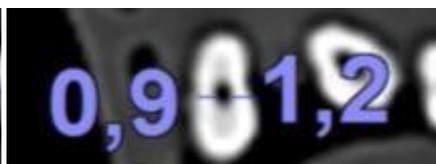
4



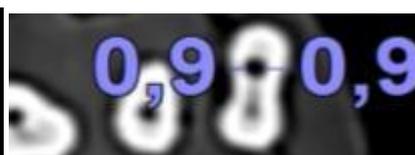
5



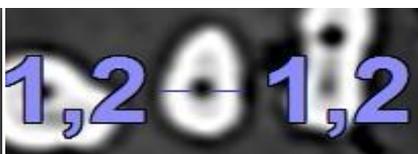
6



7



8





12 Eliminado



