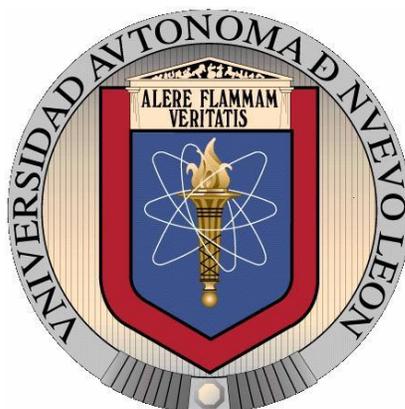


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”**

Por

**C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ**

Como requisito parcial para obtener el Grado de:

**ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

AGOSTO, 2021

**ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA.**

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”

C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ

**Comité de Tesis**

---

Dra. Idalia Rodríguez Delgado

Director de Tesis

---

Dr. Jorge Jaime Flores Treviño

Co-Director de Tesis

---

Dr. Gustavo Israel Martínez González

Asesor en Estadística

---

Dra. Mayra Guadalupe Martínez García

Asesor Metodológico

**ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA.**

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”

C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ

---

**C.D.M.Sc. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO**

COORDINADOR DEL POSGRADO DE ENDODONCIA

---

**C.D.M.O.A. ROSA ISELA SÁNCHEZ NÁJERA PhD**

SUBDIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE  
ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA.**

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”

C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERÁNDEZ

**APROBACION DE LA TESIS**

LOS MIEMBROS DEL JURADO ACEPTAMOS LA INVESTIGACION Y  
APROBAMOS EL DOCUMENTO QUE AVALA LA MISMA; COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA.

**HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO**

---

**Dr.**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr.**  
**SECRETARIO**

---

**Dr.**  
**VOCAL**

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico esta investigación a mi familia, iniciando por mis padres, los cuales han sido el motor principal para alcanzar este objetivo, a mi hermana por el apoyo incondicional ante los conflictos que se presentaron durante todo este tiempo.

A mis compañeros y amigos por todos el apoyo y consejos brindados que fueron un gran soporte durante mi estadía en el posgrado.

Por último un agradecimiento a la Universidad Autónoma de Nuevo León que ha sido mi segunda casa por casi 8 años, al Dr. Jorge Jaime Flores Treviño, Dra. Idalia Rodríguez Delgado, Dra. Jessica Arellano Barrientos, Dra. Elizabeth Madla Cruz y Dra. Mayra Guadalupe Martínez García, por la oportunidad de permitirme cursar este posgrado, aumentando así, mis habilidades clínicas y teóricas.

**GRACIAS**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
Agradecimientos .....	v
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
1. Introducción .....	1
2. Hipótesis .....	3
3. Objetivos .....	4
3.1 Objetivo General .....	4
3.2 Objetivos Específicos .....	4
4. Antecedentes .....	5
4.1 Endodoncia .....	5
4.2 Conformación .....	5
4.3 Anatomía Endodóntica .....	5
4.3.1 Incisivo Central Superior .....	6
4.3.2 Incisivo Lateral Superior .....	7
4.3.3 Canino Superior .....	7
4.3.4 Primer Premolar Superior .....	7
4.3.5 Segundo Premolar Superior .....	8
4.3.6 Primer Molar Superior .....	8
4.3.7 Segundo Molar Superior .....	9
4.3.8 Tercer Molar Superior .....	10
4.3.9 Incisivos Central y Lateral Inferior .....	10
4.3.10 Canino Inferior .....	10
4.3.11 Primer Premolar Inferior .....	11

4.3.12 Segundo Premolar Inferior .....	11
4.3.13 Primer Molar Inferior .....	11
4.3.14 Segundo Molar Inferior .....	13
4.3.15 Tercer Molar Inferior .....	14
4.4 Técnicas de Instrumentación .....	14
4.4.1 Instrumentación Manual .....	14
4.4.1.1 Clasificación de limas manuales .....	15
4.4.1.1.1 Tiranervios y Raspadores .....	15
4.4.1.1.2 Limas tipo K .....	15
4.4.1.1.3 Limas tipo H .....	15
4.4.2 Instrumentación Rotatoria .....	16
4.4.2.1 Características .....	16
4.4.2.2 Clasificación .....	16
4.4.2.2.1 Movimiento .....	16
4.4.2.2.1.1 Rotatorio .....	16
4.4.2.2.1.2 Reciprocante .....	17
4.4.2.2.1.3 Adaptive .....	17
4.4.2.2.2 Fabricación/Aleación .....	17
4.4.2.2.2.1 Níquel-titanio Convencional .....	17
4.4.2.2.2.2 M-Wire .....	18
4.4.2.2.2.3 Fase R .....	18
4.4.2.2.2.4 Control Memory (CM) .....	18
4.4.2.2.2.5 Control Memory Blue (CMB) .....	19
4.4.2.2.2.6 Control Memory Gold (CMG) .....	19
4.4.2.2.2.7 Mecanizado por Descargas Eléctricas (EDM) .....	19
4.4.2.2.2.8 MaxWire .....	19

4.4.2.2.3	LightSpeed LSX .....	20
4.4.2.2.4	HyFlex EDM .....	21
4.4.2.2.5	Twisted File Adaptive .....	21
4.5	Errores en la Preparación del Conducto .....	22
4.5.1	Perforación .....	22
4.5.2	Fractura de instrumentos .....	23
4.5.3	Escalones .....	23
4.5.4	Obstrucción de conductos .....	23
4.5.5	Conductos sin tratar .....	23
4.5.6	Transportación .....	24
5.	Métodos .....	25
5.1	Universo de estudio .....	25
5.2	Tamaño de la muestra .....	25
5.3	Criterios de Selección .....	26
5.3.1	Criterios de Inclusión .....	26
5.3.2	Criterios de Exclusión .....	27
5.3.3	Criterios de Eliminación .....	27
5.4	Descripción de procedimientos .....	27
5.4.1	Selección y preparación de los especímenes .....	27
5.4.2	Montaje de especímenes en la resina epóxica .....	29
5.4.2.1	Preparación de la resina .....	29
5.4.2.2	Preparación de la base para montar los especímenes .....	29
5.4.3	Corte de la Muestra .....	30
5.4.4	Técnica Fotográfica .....	30
5.4.5	Técnica de Instrumentación .....	31
5.4.6	Evaluación de las imágenes .....	31

5.5 Análisis Estadístico .....	31
6. Resultados .....	32
7. Discusión .....	44
8. Conclusiones .....	47
9. Literatura Citada .....	48
10. Resumen Biográfico .....	57

**TESISTA: C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DRA. IDALIA RODRÍGUEZ DELGADO**

**CO-DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS  
RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”**

**Introducción:** La instrumentación de los conductos radiculares es una de las etapas más importantes en la endodoncia y estará altamente influenciada por la anatomía pulpar radicular y en ocasiones podría presentarse errores durante la conformación del conducto. **Objetivo:** Evaluar a Lightspeed LSX, HyFlex EDM y TF Adaptive en la transportación de los conductos radiculares. **Metodología:** Se analizaron 48 conductos radiculares de molares inferiores, empleando la técnica de Bramante modificado para los distintos instrumentos investigados, tomando fotos del antes y después de la instrumentación para finalmente ser evaluados en la transportación mediante la sobreposición de imágenes con un análisis de varianza (ANOVA) y HSD de Tuckey. **Resultados:** En base a los estadísticos descriptivos no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los 3 grupos estudiados. Todos los sistemas de instrumentación presentaron una transportación mínima del conducto radicular. **Conclusión:** Twisted File Adaptive demostró una menor transportación, seguido del sistema de HyFlex EDM y en tercer lugar Lightspeed LSX, siendo este último, el único sistema que logró conformar todas las paredes del conducto radicular.

**Palabras clave:** Lightspeed LSX, HyFlex EDM, Twisted File Adaptive, Transportación.

**TESISTA: C.D. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DRA. IDALIA RODRÍGUEZ DELGADO**

**CO-DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**“COMPARATIVE STUDY OF THE TRANSPORTATION IN  
MESIALS CANALS USING: LIGHTSPEED LSX,  
HYFLEX EDM AND TF ADAPTIVE”**

**Introduction:** The instrumentation of the root canals is one of the most important stages in root canal treatment and will be highly influenced by the root pulp anatomy and sometimes, errors during the shaping of the canal may occur. **Objective:** To evaluate Lightspeed LSX, HyFlex EDM and TF Adaptive in the transportation of root canals. **Materials and Methods:** 48 lower molar root canals were analyzed, using the modified Bramante technique for the different instruments investigated, taking photos of the before and after the instrumentation to finally be evaluated in transportation by overlaying images with an analysis of variance (ANOVA) and Tuckey HSD. **Results:** Based on the descriptive statistics, no statistically significant difference was found between the 3 groups studied. All instrumentation systems presented minimal root canal transportation. **Conclusión:** Twisted File Adaptive showed less transport, followed by the HyFlex EDM system and third, Lightspeed LSX, the latter being the only system that managed to shape all the walls of the root canal.

**Key Words:** Lightspeed LSX, HyFlex EDM, Twisted File Adaptive, Transportation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del tratamiento de endodoncia podemos distinguir diferentes etapas las cuales, dependen cada una de la anterior. Sin embargo, durante el paso del tiempo, se ha destacado que la limpieza y la conformación de conductos adquieren gran importancia al momento de realizar el tratamiento de endodoncia, ya que en esta etapa se concentra la eliminación del tejido pulpar y la desinfección del sistema de conductos radiculares.

Las limas endodónticas son instrumentos especializados que nos ayudan a la conformación de los conductos radiculares, poseen distintos calibres y/o diámetros los cuales ayudan a ir aumentando el espacio del conducto radicular de manera que permita una penetración mayor de las sustancias desinfectantes como lo son los irrigantes y los medicamentos intraconducto.

Sin embargo, la instrumentación se verá influenciada por la anatomía de los conductos radiculares, pudiendo dar como resultado accidentes operatorios que disminuyen el éxito del tratamiento endodóntico en algunos casos, ya que imposibilitarán la correcta limpieza y conformación de los conductos radiculares. Además de que los instrumentos *per se*, poseen características que no siempre son benéficas para la instrumentación, esto debido a la forma geométrica del instrumento que no siempre coincide con la anatomía del conducto.

Los errores de procedimiento afectarán el tratamiento según la magnitud del mismo y será responsabilidad del clínico el resolver dicho error para no disminuir el pronóstico a largo plazo. Pero existen errores, como la transportación del conducto radicular, la cual consiste en la eliminación de la pared dentinaria por el efecto de los instrumentos a seguir una línea recta y que no puede repararse, ya que la dentina, una vez eliminada, no se puede recuperar.

Dependerá directamente de la habilidad y conocimientos del clínico para resolver todos los obstáculos que representa someter un órgano dental a endodoncia. Se debe de contar con todo el material necesario para el correcto manejo de los distintos escenarios que se puedan presentar durante el transcurso del tratamiento.

Con los avances tecnológicos, cada vez existen más instrumentos que pueden ser aplicados durante el tratamiento de conductos que nos ayudan a combatir las variaciones anatómicas que presentan las piezas, de manera que disminuye el riesgo a que se presente un accidente operatorio, por lo que es necesario comparar los instrumentos existentes para elegir el que mejor se adapte a nuestras necesidades y que no propicie a la producción de errores en la conformación.

A pesar de que existen muchos instrumentos en el mercado, por las características que poseen en esta investigación se decidió utilizar Lightspeed LSX, HyFlex EDM y TF Adaptive, ya que son sistemas que han mostrado ser apropiados para manejar la anatomía del sistema de conductos radiculares, minimizando los riesgos, lo cual se traduce en una mejora en la tasa de éxito de los tratamientos de endodoncia.

## **2. HIPÓTESIS**

Las 3 técnicas de instrumentación no presentarán transportación significativa del conducto radicular.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

- Evaluar tres diferentes sistemas de instrumentación: Lightspeed LSX, Hyflex EDM y Twisted Files Adaptive, en la transportación del conducto radicular.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar la forma original del conducto radicular antes de ser instrumentado con los sistemas de LightSpeed LSX, Hyflex EDM y Twisted Files Adaptive.
- Determinar la transportación del conducto radicular posterior a la instrumentación con el sistema Lightspeed LSX, a 2 y 5 mm del foramen apical, en los conductos mesiobucal y mesiolingual de primeros y segundos molares inferiores.
- Analizar la transportación del conducto radicular posterior a la instrumentación con el sistema Hyflex EDM, a 2 y 5 mm del foramen apical, en los conductos mesiobucal y mesiolingual de primeros y segundos molares inferiores.
- Examinar la transportación del conducto radicular posterior a la instrumentación con el sistema Twisted File Adaptive, a 2 y 5 mm del foramen apical, en los conductos mesiobucal y mesiolingual de primeros y segundos molares inferiores.
- Comparar los resultados obtenidos de transportación de los sistemas LightSpeed LSX, HyFlex EDM y Twisted File Adaptive mediante un análisis de estadística.

## **4. ANTECEDENTES**

### **4.1 Endodoncia**

La endodoncia es el diagnóstico y tratamiento de las patologías pulpares y sus secuelas, un conocimiento de la biología pulpar, es esencial para el desarrollo de un plan de tratamiento. (Torabinejad y Walton, 2009).

La endodoncia clínica abarca varios tratamientos, pero quizás el más importante sea el tratamiento de la pulpa y del conducto radicular de forma que los pacientes conserven sus dientes naturales con una función plena y estética aceptable. Se dispone una amplia gama de estrategias posibles para conseguir eliminar el contenido del conducto y erradicar la infección. La conformación y la limpieza del conducto radicular se consideran pasos decisivos, puesto que determinan la eficacia de los procedimientos subsiguientes. (Hargreaves y Cohen, 2011).

### **4.2 Conformación**

La conformación incluye el desbridamiento mecánico, la creación de espacio para la administración de medicamentos y la optimización de la geometría del conducto para una obturación adecuada. Desgraciadamente, los resultados de la preparación del conducto son afectados adversamente por la gran variabilidad de la anatomía del conducto radicular. (Hargreaves y Cohen, 2011).

La incapacidad para localizar, preparar u obturar uno o más de los conductos radiculares es una causa común de enfermedad posterior al tratamiento o fracaso del tratamiento endodóntico. (Ahmad y Alenezi, 2016).

### **4.3 Anatomía Endodóntica**

El éxito de la terapia endodóntica no quirúrgica y quirúrgica se basa en el conocimiento tridimensional exacto del sistema de conducto radicular correspondiente. (Wolf et al., 2020).

Se pueden encontrar diferentes tipos de anatomía de raíz y conducto radicular en cualquier grupo de dientes. Por lo tanto, un conocimiento profundo de sus morfologías y variaciones anatómicas más comunes puede ayudar a los médicos a detectar esas desviaciones durante la terapia del conducto radicular, lo que aumenta la posibilidad de un tratamiento exitoso. (Martins et al., 2019).

Muchos estudios han reportado diferencias étnicamente relacionadas en los conductos radiculares de diferentes poblaciones. La diversidad de la anatomía interna de los conductos radiculares está determinada genéticamente y tiene una relevancia marcada, es importante considerar las variaciones étnicas durante el tratamiento clínico. (Ghobashy et al., 2017).

Los biofilms infecciosos a menudo residen en las irregularidades del sistema del conducto radicular, como los túbulos dentinarios, istmos o conductos accesorios. Las estructuras de los istmos y redes son comunicaciones estrechas en forma de cinta entre dos conductos de la raíz que contienen pulpa o tejido derivado de la pulpa. Los conductos accesorios son un tipo común de irregularidad en el conducto radicular principal, que se forma por el atrapamiento de los vasos sanguíneos periodontales durante la calcificación de la Vaina Radicular Epitelial de Hertwig. Se informa una incidencia del 75%, con el 80% de los casos en molares. Más del 40% de los dientes anteriores superiores contienen conductos accesorios. (Xu et al., 2019).

#### **4.3.1 Incisivo Central Superior**

El hallazgo de dos conductos dentro de la raíz del incisivo central superior es muy raro. Sin embargo, el conducto a veces se divide cerca del ápice en dos conductillos muy delgados. La prevalencia de conductos laterales, que se puede encontrar en varios niveles de raíz, es muy alta. Con frecuencia, hay un gran conducto lateral que se ramifica mesialmente del canal principal en un ángulo de 90° aproximadamente a la mitad de su trayecto. Radiográficamente, la raíz puede presentarse con ligeras curvaturas

mesiodistal o bucolingual, aunque esta última puede no apreciarse a menos que se obtengan varias vistas. (Castelucci, 2004).

#### **4.3.2 Incisivo Lateral Superior**

En raras ocasiones, se puede encontrar un conducto que se bifurca en el tercio más apical en dos conductillos distintos con vértices independientes. Con mucha frecuencia, hay una curvatura distal o palatina del tercio apical de la raíz. (Castelucci, 2004).

#### **4.3.3 Canino Superior**

El sistema radicular del canino superior es similar en muchos aspectos al de los incisivos superiores. No presenta cuernos pulpares. El conducto radicular permanece ovalado hasta que se aproxima al tercio apical de la raíz, donde se convierte en estrecho. En general existe un conducto radicular, aunque se han descrito casos con dos conductos. (Hargreaves y Cohen, 2011).

#### **4.3.4 Primer Premolar Superior**

La mayoría de los primeros premolares superiores tienen 1 (41.7%) o 2 raíces (56.6%). Independientemente del número de raíces, la gran mayoría (86.6%) tiene 2 conductos radiculares, siendo el tipo IV (2-2) la configuración de conducto más común (64.8%). (Bürklein et al., 2017).

Aunque todos los tipos de dientes pueden tener raíces y / o canales adicionales, la probabilidad de encontrar configuraciones de canales aberrantes es mayor entre los premolares y los molares. La presencia de dientes de 3 raíces se considera la variación anatómica más común, con una incidencia general de 1.7% (rango, 0.4% - 9.2%). (Beltes et al., 2017). Estos dientes usualmente tienen 2 raíces bucales y una raíz palatina, y es menos común 1 raíz bucal y dos raíces palatinas y cada raíz tiene un conducto en la mayoría de los casos. (Ahmad y Alenezi, 2016).

#### **4.3.5 Segundo Premolar Superior**

El segundo premolar maxilar presenta 1 conducto en el ápice en aproximadamente el 75% de los casos y 2 conductos en el ápice en el 24% de los casos. (Bürklein et al., 2017).

#### **4.3.6 Primer Molar Superior**

Los molares superiores son el segundo grupo de dientes tratado con mayor frecuencia endodónticamente. Históricamente, se describen como 3 raíces con 1 o 2 conductos en la raíz mesiovestibular, 1 conducto en la raíz distovestibular y 1 conducto en la raíz palatina. (Nosrat et al., 2017). De hecho, el primer molar maxilar es el diente más grande en volumen total y generalmente se considera el diente más complejo anatómicamente. (Hiebert et al., 2017).

Una de las variaciones anatómicas clínicamente relevantes presentes en los molares superiores es la fusión de raíces. La prevalencia de los molares maxilares con raíces fusionadas ha sido ampliamente investigada y varía entre las diferentes poblaciones en las cuales el porcentaje varió de 0.73% a 7.1% en los primeros molares superiores y de 6.7 a 40.1% en los segundos molares. (Mashyakhly et al., 2019).

Los molares maxilares tienen la mayor frecuencia de fallas debido a la pérdida de los segundos conductos mesiovestibulares (MB2). Varias técnicas se han utilizado en el pasado para detectar el conducto MB2. Estos incluyen seccionamiento ex vivo, tinción, imágenes tomográficas micro computarizadas, fotomicrografías, estudios retrospectivos, magnificación, localización con fresas o ultrasonidos, prueba de burbujas de champán o iluminación de fibra óptica como herramientas para ayudar en la detección del conducto. La mayoría de estos enfoques se usan comúnmente; sin embargo, no pueden detectar de manera confiable el conducto MB2 en todos los casos. Es importante detectar estos canales porque pueden estar presentes en el 37-96% de los casos. (Studebaker et al., 2018) (Ratanajirasut et al., 2018).

La prevalencia del conducto radicular MB2 varía según la región geográfica estudiada. Teniendo en cuenta solo los estudios de CBCT in vivo, las proporciones de MB2 varían de 30.9% en China a 86.6% en Irán, con valores intermedios en otras regiones como Brasil 44.4%, Corea 63.6% y Portugal 71%. (Martins et al., 2018).

En la literatura se informó una baja incidencia de segundos conductos distovestibulares (DB2) en los primeros molares superiores. En una revisión de la literatura, Cleghorn et al encontraron 14 estudios que informaron sobre la raíz de DB. El número total de dientes en estos estudios fue de 2576, y la incidencia de 2 o más canales fue del 1,7%. Una búsqueda en la literatura mostró que los casos clínicos publicados que muestran el tratamiento de los molares superiores con 2 canales distovestibulares son raros. (Fogel y Cunha, 2017).

#### **4.3.7 Segundo Molar Superior**

La anatomía de la segunda molar superior es muy parecida a la del primer molar superior. En comparación con este último, es ligeramente más pequeño, más plano mesiodistalmente y con menos frecuencia tiene un canal mesiopalatal. (Castelucci, 2004).

A veces tiene tres raíces fusionadas (6.7 a 40.1%) (Mashyakhy et al., 2019). Puede tener solo dos conductos, uno bucal y uno palatino en una sola raíz, o dos conductos en raíces separadas. Puede tener un conducto único y ancho que se extiende casi directamente desde el piso de la cámara pulpar hasta el ápice. En raras ocasiones, el segundo molar superior puede tener una anatomía más complicada, con dos canales palatinos en una sola raíz o en dos raíces separadas. (Castelucci, 2004).

El taurodontismo es una aberración en la morfología dental caracterizada por cámaras pulpares verticalmente agrandadas, desplazamiento apical del piso pulpar y raíces cortas. Se encuentra casi exclusivamente en premolares y molares permanentes y deciduos con una prevalencia significativamente mayor en los segundos molares permanentes superiores. Puede involucrar un solo diente o múltiples dientes con distribución unilateral o bilateral. (Radwan y Kim, 2014).

El taurodontismo puede clasificarse como leve, moderado o severo (hipo, meso e hipertaurodontismo, respectivamente) según el grado de desplazamiento apical del piso de la cámara pulpar. (Bürklein et al., 2011).

#### **4.3.8 Tercer Molar Superior**

La pérdida del primer y segundo molar es a menudo la razón para considerar el tercer molar como un pilar estratégico. Debido a que muchos terceros molares tienen raíces bien desarrolladas, no hay razón para que no permanezcan funcionales por mucho tiempo después del tratamiento endodóntico. Sin embargo, antes de iniciar el tratamiento y antes de prometerle al paciente un resultado exitoso, se indica un examen exhaustivo de la morfología de la raíz, dado que puede estar entre los más extraños e impredecibles. En algunos casos, el tercer molar tiene solo un conducto. En otros casos, tiene dos, pero en la mayoría hay tres y, a veces, cuatro. (Castelucci, 2004).

#### **4.3.9 Incisivos Centrales y Laterales Inferiores**

Varios estudios investigaron la morfología del conducto radicular de los incisivos mandibulares centrales y laterales. Vertucci describió el complejo sistema de conductos. Encontró que se identificó un solo conducto con 1 forámen en el 70% de los incisivos centrales mandibulares, el 27% tenía 2 conductos con 1 foramen apical y el 3% tenía 2 conductos con 2 forámenes apicales. Aproximadamente el 75% de los incisivos laterales mandibulares tenían un solo conducto con 1 foramen, el 23% tenía 2 conductos con 1 foramen apical y el 2% tenía 2 conductos con 2 forámenes apicales. (Shemesh et al., 2018).

#### **4.3.10 Canino Inferior**

Este diente generalmente tiene una raíz que contiene un solo conducto (87%). En el 10%, hay dos conductos que se unen en el ápice, y menos comúnmente (3%) hay dos conductos completamente independientes. En raras ocasiones, el diente puede tener dos raíces. Su longitud puede variar, pero muy a menudo es necesario el uso de instrumentos de 30 mm. (Castelucci, 2004).

#### **4.3.11 Primer Premolar Inferior**

El primer premolar mandibular exhibe comúnmente 1 raíz (98%). Dos raíces (1.8%) y 3 raíces (0.1%) son raras. Con respecto a la morfología del conducto interno, un solo conducto está presente en aproximadamente el 75.8% del total, y existen 2 o más conductos en el 24.2% de los dientes. (Bürklein et al., 2017).

#### **4.3.12 Segundo Premolar Inferior**

Un segundo premolar mandibular con mayor frecuencia tiene una única raíz con un solo sistema de conductos. Aunque una revisión de la literatura revela que la mayoría de las veces, existe un grado de variabilidad en la morfología de la raíz y el número de conductos presentes dentro de estos dientes. (Ring y Ring, 2017)

El segundo premolar mandibular suele ser de raíz única (99,6%). La incidencia de 2 (0.3%) o más raíces (0.1%) parece ser insignificante, mientras que 2 o más conductos radiculares ocurren en casi el 10% de los dientes. (Bürklein et al., 2017).

#### **4.3.13 Primer Molar Inferior**

El primer molar mandibular es el primer diente posterior en erupción; por lo tanto, es más probable que se vea afectado por la patología y parece ser el diente que con mayor frecuencia requiere tratamiento endodóntico. (Pérez-Heredia et al., 2017).

Un grupo de evidencia sugiere que las posibles complicaciones pulpares y periapicales provienen de variaciones en las características anatómicas y morfológicas de las raíces y la morfología del conducto, como el taurodontismo, conductos en forma de C, conductos medio mesiales, raíces fusionadas y radix. (Wu et al., 2018).

El diente generalmente tiene dos raíces separadas con un conducto redondo, o más frecuentemente elíptico, en forma de cinta o en forma de riñón, es decir, un conducto alargado vestibulolingualmente en la raíz distal y dos conductos en la raíz mesial, conectado mediante un istmo. En el 90%, permanecen separados hasta el foramen; en el 10% restante, se unen en un foramen común. Se han descrito numerosas variantes: en el

35% de los casos, cuatro conductos están presentes. La raíz distal contiene dos conductos, uno en vestibular y el otro en posición lingual. El segundo conducto distal a veces se encuentra en una raíz separada en la posición distolingual. Es ligeramente más pequeño y mesial a la raíz distovestibular. A veces, el conducto "extra" se encuentra en la raíz mesial, que por lo tanto contiene tres conductos. Este es el conducto medio mesial. (Castelucci, 2004) (Keles y Keskin, 2017).

La complejidad del sistema de conductos radiculares de los primeros y segundos molares mandibulares ha sido bien documentada en la literatura sobre endodoncia, incluida la tendencia a la invaginación del aspecto distal de la raíz mesial de los molares mandibulares, que requiere instrumentación conservadora para evitar la posibilidad de perforación. La presencia de un conducto medio mesial independiente en los molares mandibulares fue reportada por primera vez por Vertucci y Williams y Barker en 1974. (Weinberg et al., 2020). El conducto medio mesial es una de las complejidades anatómicas de la raíz mesial y su incidencia varía entre 3 y 46%. (Akbarzadeh et al., 2017).

Se puede clasificar en tres categorías: aleta, confluyente o independiente. Aleta es cuando un instrumento puede pasar libremente entre el conducto mesiovestibular o mesiolingual y el conducto medio mesial. Confluyente es cuando el conducto medio mesial se origina como un orificio separado, pero se une apicalmente con el canal mesiovestibular o mesiolingual, e Independiente es cuando el conducto medio mesial se origina como un orificio separado y termina como un foramen separado. (Weinberg et al., 2020) (Tahmasbi et al., 2017).

Carabelli en 1844, fue el primero en mencionar la presencia de una tercera raíz supernumeraria como una variación frecuente en este grupo de dientes, localizado lingualmente (*radix entomolaris*) o bucal (*radix paramolaris*). Los primeros molares mandibulares de tres raíces merecen especial atención durante el tratamiento de endodoncia porque la raíz adicional generalmente es más pequeña que las raíces

mesiales y distales, puede estar separada o parcialmente fusionada con las otras raíces y tiene una curvatura severa en la mayoría de los casos. La aparición de una tercera raíz en el primer molar mandibular está asociada con ciertos grupos étnicos. La literatura informa una incidencia de menos del 5% en las poblaciones blancas, africanas y euroasiáticas, mientras que, en las poblaciones con rasgos mongoloides, como los chinos, los esquimales y los indios americanos, esta variación anatómica ocurre con una frecuencia del 5% al 40%. (Souza-Flamini et al., 2014).

#### **4.3.14 Segundo Molar Inferior**

Este diente se caracteriza por la proximidad de sus raíces. Las dos raíces se extienden con frecuencia distalmente en una curva gradual, con los ápices juntos. En algunos casos existe una sola raíz. La cámara pulpar y los orificios de los conductos del segundo molar inferior no son en general tan grandes como los del primero. Este diente puede tener uno, dos, tres o cuatro conductos. (Hargreaves y Cohen, 2011).

El segundo molar mandibular también exhibe un gran número de variaciones anatómicas. (Pérez-Heredia et al., 2017). Los sistemas de conducto radicular en forma de C son más comunes en el segundo molar mandibular, se caracteriza por la presencia de un sistema complejo de conducto radicular, que incluye la fusión del istmo, las aletas y los conductos radiculares. (Martins et al., 2017). (von Zuben et al., 2017).

En lugar de tener varios orificios discretos, la cámara pulpar del conducto en forma de C es un único orificio en forma de cinta con un arco de  $180^\circ$  (o más), que comienza en el ángulo de la línea mesiolingual y se extiende alrededor de la cavidad bucal hasta el final en la parte distal de la cámara pulpar. Por debajo del nivel del piso pulpar, la estructura de la raíz puede albergar una amplia gama de variaciones anatómicas. Estos se pueden clasificar en dos grupos básicos: (1) aquellos con un solo canal en forma de cinta, en forma de C desde el orificio hasta el ápice y (2) aquellos con tres o más canales distintos debajo del orificio en forma de C.

Por lo general, esta configuración de conducto se encuentra en los dientes con fusión de las raíces, ya sea en su porción vestibular o lingual. En tales dientes, el piso de la cámara pulpar generalmente está situado profundamente y puede asumir una apariencia anatómica inusual. Las raíces que contienen un conducto en forma de C a menudo tienen una configuración cónica o cuadrada. (Jafarzadeh y Wu, 2007). Tales sistemas de canales complejos son especialmente comunes en la población china. (Wu et al., 2018).

#### **4.3.15 Tercer Molar Inferior**

El tercer molar inferior es anatómicamente impredecible y debe evaluarse sobre la base de su formación radicular. Este diente puede tener de una a cuatro raíces y de uno a seis conductos. También se encuentran conductos en forma de C. La mayoría de esos dientes pueden someterse con éxito a tratamiento endodóntico, con independencia de las irregularidades anatómicas; sin embargo, el pronóstico a largo plazo está determinado por el volumen de superficie radicular en contacto con el hueso. (Hargreaves y Cohen, 2011).

### **4.4 Técnicas de Instrumentación**

Se dispone de muchos tipos de instrumentos para los procedimientos realizados dentro del espacio pulpar. Entre éstos se incluyen instrumentos manuales y motorizados destinados para la preparación del conducto radicular.

Las limas son instrumentos que ensanchan los conductos mediante movimientos recíprocos de entrada y salida. Cortan y ensanchan los conductos con movimientos de rotación. (Hargreaves y Cohen, 2011).

#### **4.4.1 Instrumentación Manual**

Las limas manuales de acero inoxidable proporcionan un excelente control de la manipulación y superficies cortantes agudas de larga duración. Sin embargo, debido a la flexibilidad limitada inherente del acero inoxidable, la preparación de conductos curvos

frecuentemente es un problema para las limas manuales, y el uso mecánico con diseños y grados convencionales de acero inoxidable plantea la probable amenaza de ruptura de la lima o transportación del conducto. (McSpadden, 2007).

#### **4.4.1.1 Clasificación de limas manuales**

##### **4.4.1.1.1 Tiranervios y Raspadores**

Estos instrumentos fueron los primeros que se emplearon para extirpar la pulpar y ensanchar los conductos. Se fabricaban cortando un alambre ahusado redondo con una hoja formando unas rebabas separadas con las que se cortaba o arrancaba el tejido pulpar. Un tiranervios no corta ni manipula la dentina; este utensilio se emplea sobre todo para atrapar y eliminar los tejidos blandos del conducto. (Hargreaves y Cohen, 2011).

##### **4.4.1.1.2 Limas tipo K**

Las primeras limas rotatorias manuales y mecánicas se formaban a partir de alambre recto para piano al que se le esmerilaban superficies planas y se torcía para resultar en la configuración de limas que aún se usa hoy en día. Las limas fueron producidas en serie por primera vez por Kerr Manufacturing Co en los primeros años de la década de 1900, de ahí el nombre de lima tipo K o ensanchador tipo K.

Las limas y ensanchadores tipo K se fabricaban originalmente mediante el mismo proceso. Se esmerilaban tres o cuatro superficies planas equilaterales a profundidades crecientes en los lados de un alambre para crear una forma piramidal afilada que se estabilizaba en un extremo y rotaba en su extremo distal para formar el instrumento con espirales. (McSpadden, 2007).

##### **4.4.1.1.3 Limas tipo H**

Los instrumentos H tienen bordes estriados dispuestos de forma que solamente cortan en los movimientos de propulsión. Un ejemplo es la lima Hedström. Los

instrumentos H cortan mejor que los instrumentos K porque el ángulo de ataque es más positivo y la hoja tiene un ángulo mas apropiado para el corte que para el raspado.

Actualmente, los instrumentos H se preparan con una varilla ahusada en la que se torne una estría única continua. Las limas H cortan las paredes del conducto cuando se empujan o giran en el sentido de las agujas del reloj; si se emplean en sentido contrario son prácticamente ineficaces. (Hargreaves y Cohen, 2011).

#### **4.4.2 Instrumentación Rotatoria**

##### **4.4.2.1 Características**

Los instrumentos rotatorios de níquel-titanio han ganado una gran popularidad debido a su flexibilidad superior, mayor capacidad de centrado del conducto y menor tiempo de preparación en comparación con las limas de acero inoxidable. (Kimura et al., 2020).

Sus propiedades de control de memoria de forma, super elasticidad y resistencia a la corrosión son las principales ventajas de su uso. Los errores de procedimiento asociados con los instrumentos tradicionales de acero inoxidable se han minimizado desde la introducción de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio. (Al-Obaida et al., 2019).

##### **4.4.2.2 Clasificación**

###### **4.4.2.2.1 Movimiento**

###### **4.4.2.2.1.1 Rotatorio**

El movimiento rotatorio, introducido a fines de la década de 1980, todavía es empleado por la mayoría de los sistemas de preparación mecánica en el mercado actual. Se realiza mediante motores eléctricos y piezas de mano de contra-ángulo de reducción que impulsan las limas de níquel-titanio en rotación completa (360 °) dentro del conducto radicular. Sin embargo, se han propuesto nuevas técnicas mecanizadas en un intento de minimizar el riesgo de fractura de los instrumentos endodónticos. (Gavini et al., 2018).

#### **4.4.2.2.1.2 Reciprocante**

La rotación reciprocante se ha introducido en la preparación del conducto radicular con la afirmación de que este tipo de movimiento implica la preparación total de los conductos radiculares con un solo instrumento rotatorio. El movimiento adoptado es una rotación repetida en el sentido horario y antihorario independientemente del torque durante la conformación. (Tokita et al., 2017).

Además, la rotación reciprocante reduce el riesgo de fractura del instrumento porque los valores del ángulo de rotación con respecto a la dirección de corte están por debajo del ángulo en la tensión de torsión final; esto puede evitar la separación de los instrumentos reciprocantes porque alivia el estrés en el instrumento y reduce el riesgo de fatiga cíclica causada por la tensión y la compresión. (Tokita et al., 2017).

#### **4.4.2.2.1.3 Adaptativo**

Este movimiento único se comercializa como "movimiento adaptativo"; gira 600° y se detiene brevemente cuando la lima está expuesta a una carga mínima o nula. El movimiento cambia automáticamente a movimiento reciprocante cuando se experimenta una resistencia de torque por encima de la especificada. (Kwak et al., 2019).

En el movimiento reciprocante, los instrumentos desarrollan ángulos de corte de 370° en sentido horario (hacia adelante) y de 20 ° a 50 ° en sentido antihorario (hacia atrás). Dicha cinemática permite que el instrumento avance hacia el conducto mientras corta la dentina y reduce el riesgo de fractura del instrumento por estrés torsional. (Marks Duarte et al., 2018).

#### **4.4.2.2.2 Fabricación/Aleación**

##### **4.4.2.2.2.1 Níquel-titanio Convencional**

Las aleaciones de níquel-titanio utilizadas en el tratamiento del conducto radicular contienen aproximadamente 56% de níquel y 44% de titanio. En algunas aleaciones de níquel-titanio, un pequeño porcentaje (<2%) de níquel puede ser sustituido

por cobalto. La combinación resultante es una relación atómica uno a uno (equiatómica) de los componentes principales y, al igual que con otros sistemas metálicos, la aleación puede existir en varios cristalográficos. (Thompson, 2000).

#### **4.4.2.2.2 M-Wire**

Los instrumentos M-Wire se producen transformando un alambre de níquel-titanio en fase de austenita a fase R, una fase intermedia formada durante la transformación de martensita a austenita en calentamiento y transformación inversa en enfriamiento. (Goo et al., 2017) (Alcalde et al., 2017).

La aleación M-wire produce propiedades mecánicas notablemente mejoradas del instrumento, como una mayor resistencia a la fatiga cíclica y una mayor flexibilidad en comparación con el níquel-titanio super elástico convencional, porque su tratamiento térmico optimiza la microestructura de la lima de níquel-titanio. (Belladonna et al., 2018).

#### **4.4.2.2.3 Fase R**

El instrumento de fase R tiene mayor flexibilidad y mayor resistencia a la fatiga cíclica que las limas de níquel-titanio convencionales. Sin embargo, se informó que el instrumento de fase R tiene una fuerza torsional más baja que las limas níquel-titanio convencionales. (Goo et al., 2017).

#### **4.4.2.2.4 Control Memory (CM)**

Recientemente, se introdujo las limas de control memory. Cuando la aleación convencional de níquel-titanio obtiene un cierto rango de carga mecánica, la austenita se transforma en martensita inducida por el estrés. La fase de martensita es inestable a temperaturas superiores a la temperatura de acabado de austenita y vuelve a austenita mediante una transformación inversa cuando se elimina la carga.

El fabricante y estudios previos afirman que los instrumentos de control memory tienen una flexibilidad superior y resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos de

níquel-titanio convencionales. Por otro lado, un estudio informó que la resistencia a la fatiga torsional de los instrumentos de control memory era menor que la de los instrumentos níquel-titanio super elásticos convencionales. (Goo et al., 2017).

#### **4.4.2.2.2.5 Control Memory Blue (CMB)**

La aleación blue fue creada por un tratamiento térmico innovador, que comprende un tratamiento patentado complejo de enfriamiento-calentamiento que da como resultado una capa visible de óxido de titanio en la superficie del instrumento. Este tratamiento térmico regula las temperaturas de transición de fase, haciendo que parte de la estructura de la aleación proporcione al instrumento un color azul y, al mismo tiempo, crea una memoria de forma predeterminada. (Belladonna et al., 2018).

#### **4.4.2.2.2.6 Control Memory Gold (CMG)**

La tecnología de la aleación Gold se basa en calentar el instrumento y luego enfriarlo lentamente, en lugar de la tecnología M-Wire que involucra tratamiento térmico antes de la producción. El fabricante afirma que la flexibilidad de las limas se mejora a través de este nuevo método de tratamiento térmico. (Özyürek et al., 2017).

#### **4.4.2.2.5.7 Mecanizado por Descargas Eléctricas (EDM)**

La fabricación se produce a través del mecanizado por electrodescarga, un proceso de erosión térmica sin contacto que derrite y evapora parcialmente el metal mediante descargas de chispas de alta frecuencia. Durante este procedimiento, se cambia la forma de la lima al construir un potencial entre el metal y el mecanizado. Las chispas iniciadas en este proceso están derritiendo y vaporizando el material de la pieza de trabajo en su capa superficial. (Shen et al., 2018).

#### **4.4.2.2.2.7 MaxWire**

Recientemente, FKG Dentaire presentó otra aleación de níquel-titanio tratada termomecánicamente patentada llamada MaxWire (Martensite-Austenite-electropolish-

fileX), que es la primera aleación de níquel-titanio endodóntica que combina el efecto de memoria de forma y la super elasticidad en la aplicación clínica.

Por el momento hay dos instrumentos disponibles que están hechos de MaxWire; XP-endo Shaper y XP-endo Finisher. Si bien estos instrumentos son relativamente rectos en su fase M (estado martensítico) a temperatura ambiente, cambian a una forma curva cuando se exponen a temperatura intraconducto debido a una fase de transformación a fase A (estado austenítico). Por lo tanto, estos instrumentos exhiben un efecto de memoria de forma cuando se insertan en el conducto radicular (fase M a fase A) y poseen super elasticidad durante la preparación. Se afirma que la forma curva permite una preparación de morfologías complejas del conducto radicular con el potencial de adaptarse a las irregularidades del canal. (Zupanc et al., 2018).

#### **4.4.2.3 LightSpeed LSX**

En 2005, LightSpeed Technology, Inc. introdujo un nuevo diseño de instrumento, el LightSpeed LSX (Lightspeed Technology, Inc, San Antonio, TX), que presentaba una cuchilla plana, no cortante. Con la falta de flautas tradicionales, en teoría hay una posibilidad reducida de atornillar y unir irremediabilmente a las paredes del conducto, lo que permite una extracción más fácil de un instrumento separado. Además, la cuchilla plana en forma de pala proporciona espacio para evitar el fragmento separado e instrumentar la porción apical del canal. (Hansen et al., 2013).

Aunque el LightSpeed LSX es de alguna manera similar al antiguo LightSpeed LS1, también es diferente en formas que pueden introducir variabilidad en el rendimiento. Primero, la cuchilla del nuevo LightSpeed LSX no está mecanizada, sino estampada o acuñada en un diseño de cuña o pala. En segundo lugar, mientras que el antiguo LightSpeed LS1 venía en tamaños medios, el nuevo LightSpeed LSX solo viene en tamaños ISO, reduciendo así el número de instrumentos a la mitad del original. En tercer lugar, el LightSpeed LSX utiliza 2.500 rpm en una pieza de mano con un torque mayor. Cuarto, el nuevo LightSpeed LSX se usa en un movimiento de avance lento.

Finalmente, los instrumentos LightSpeed vienen con un eje similar no flexible altamente afilado, aunque según el fabricante los instrumentos LightSpeed LSX vienen con una cuchilla de corte ligeramente más corta y un eje más flexible. El fabricante afirma que el nuevo diseño podrá mantener la misma calidad de preparación del conducto radicular que la de los antiguos instrumentos LightSpeed LS1. (Iqbal et al., 2007).

#### **4.4.2.4 HyFlex EDM**

Los instrumentos HyFlex EDM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Switzerland) se producen mediante mecanizado por descarga eléctrica, al entrar en contacto el material de base y la herramienta eléctrica, se genera una potente descarga. Las chispas generadas durante este proceso hacen que la superficie del material se funda y se evapore. (Goo et al., 2017).

Aunque este es un método ampliamente utilizado en tecnología médica, es el primer instrumento endodóntico hecho con este método. (Uslu et al., 2018). Se ha demostrado que este método de producción sin contrato aumenta la resistencia a la fatiga cíclica, la dureza y la fase de transformación por temperaturas. (Inan y Keskin, 2019). Las limas HyFlex EDM tienen una conicidad constante del 8% en los 4 mm apicales de instrumento; la conicidad disminuye al 4% en dirección a la región coronal. (Gündogar y Özyürek, 2017). La lima tiene 3 secciones horizontales diferentes a lo largo de la parte de trabajo: cuadrada en la parte apical, trapezoidal en la parte central y triangular en las partes coronal. (Uslu et al., 2018).

#### **4.4.2.5 Twisted File Adaptive**

El sistema Twisted File Adaptive (Kerr Endodontics, Orange, CA) se lanzó recientemente al mercado. Este nuevo sistema de limas tiene características geométricas y de fabricación similares al sistema Twisted File, pero adoptó una cinemática especial del movimiento de la lima que combina movimientos continuos y recíprocos (Adaptive). (Kwak et al., 2019).

El movimiento adaptativo está basado en el torque intraconducto impuesto sobre el instrumento durante la conformación. El fabricante afirmó que la tecnología adaptativa y el diseño de lima mejoran la flexibilidad y la eliminación de debris, y utilizan selectivamente el movimiento recíproco cuando el instrumento aplica contra la dentina. (Jamleh y Alfouzan, 2016).

Además, los instrumentos Twisted File Adaptive tienen algunas características específicas para optimizar su resistencia y flexibilidad: tratamiento térmico en fase R, torsión del metal, sección transversal triangular equilátera y acondicionamiento especial de la superficie. (Marks Duarte et al., 2018).

## **4.5 Errores en la Preparación del Conducto**

### **4.5.1 Perforación**

La perforación de la raíz se caracteriza por una comunicación entre el sistema de conducto radicular y la superficie externa del diente. Este problema puede ser causado por un proceso patológico (caries dental, reabsorción radicular) o un accidente de procedimiento operativo. Las perforaciones patológicas se encuentran en los exámenes clínicos de rutina, mientras que las perforaciones radicales iatrogénicas pueden ocurrir durante la apertura de la cavidad de acceso, la preparación del conducto radicular o durante la preparación posterior. Los errores operativos del procedimiento pueden ocurrir en cualquier momento en el tratamiento del conducto radicular y pueden hacer que el tratamiento falle. (Estrela et al., 2018).

### **4.5.2 Fractura de instrumentos**

La fractura del instrumento puede ocurrir debido a fatiga cíclica y / o estrés torsional. La fractura torsional ocurre cuando el torque resultante del contacto entre el instrumento y la pared del canal excede la resistencia torsional del instrumento. (Shen et al., 2018). También ocurre cuando la punta del instrumento está atrapada en el conducto mientras que el resto del instrumento continúa girando. (Isik et al., 2020).

La fractura por fatiga cíclica se produce a partir de una propagación de grietas incremental causada por el esfuerzo repetido de tensión y compresión cuando la lima se coloca en un canal curvo. (Pedulla et al., 2020).

#### **4.5.3 Escalones**

Un escalón es una irregularidad (plataforma) creada iatrogénicamente en el conducto radicular que impide el acceso de los instrumentos (y en algunos casos los irrigantes) a la porción apical, lo que resulta en instrumentación insuficiente y obturación incompleta. (Lambrianidis, 2009).

#### **4.5.4 Obstrucción de conductos**

La obstrucción de conductos es un bloqueo en un conducto previamente patentado que impide el acceso y la desinfección completa de la parte más apical del sistema del conducto radicular. El canal bloqueado puede contener: barrillo dentinario compactado, tejido pulpar residual y/o restos de materiales de relleno (en casos de retratamiento). El tipo de obstrucción está relacionado con la técnica de instrumentación utilizada. (Lambrianidis, 2009).

#### **4.5.5 Conductos sin tratar**

La falta de tratar un conducto es una de las causas principales que pueden conducir al fracaso del tratamiento. Ocurre con frecuencia cuando los médicos no logran identificar y localizar con precisión los orificios del conducto radicular debido a la falta de conocimiento relevante de la anatomía del conducto radicular. (Zhang et al., 2017). Los conductos sin tratar pueden servir para albergar un reservorio de microorganismos, que es una de las principales causas de periodontitis apical persistente y puede tener un impacto en el resultado del tratamiento. (Baruwa et al., 2020). Los dientes con un conducto sin tratar tienen 4,38 veces más probabilidades de desarrollar lesiones periapicales. (Martins et al., 2018).

#### **4.5.6 Transportación**

La transportación del conducto es una desviación sostenida del eje original del conducto durante la instrumentación. La transportación apical es la eliminación de la estructura de la pared del conducto en la curva externa debido a la tendencia de las limas a restablecer su forma lineal original durante la preparación del conducto. (van der Vyver et al., 2019).

Se debe evitar la transportación del conducto radicular y los consiguientes errores de procedimiento, ya que implican un desbridamiento defectuoso y pueden influir negativamente en los pasos posteriores del tratamiento. El grado de transportación depende esencialmente del grado de la curvatura del conducto radicular y de la flexibilidad y la geometría de los instrumentos. (Venino et al., 2017).

## 5. MÉTODOS

### 5.1 Universo de estudio.

Primeros y segundos molares inferiores extraídos del humano de las clínicas de Exodoncia de la Facultad de Odontología UANL y de consultorios privados e Institucionales.

### 5.2 Tamaño de la muestra.

Por las condiciones de la variable a evaluar del tipo cuantitativa (Desviación del eje central de los conductos radiculares) donde además, se trata de una población infinita se estima el tamaño de la muestra con la aplicación de la siguiente fórmula general:

$$n = \frac{z^2 s^2}{e^2}$$

Para el presente proyecto se determinaron los siguientes los siguientes valores obtenidos del artículo “*Comparing Canal Transportation and Centering Ability of EndoSequence and Vortex Rotary Files by Using Micro-Computed Tomography*” y que han sido definidos para determinar el tamaño de la muestra:

$z = 1.96$  para 95% confiabilidad

$\sigma = 0.11$

$e = 0.039$

Para obtener el tamaño de la muestra se sustituyen los valores y se obtiene que:

$$n = \frac{z^2 s^2}{e^2} \quad n = \frac{(1.96)^2 (0.11)^2}{(0.039)^2} \quad n = 30$$

De aquí se obtuvo que el número total de piezas fue de 30 y fueron seleccionadas de manera aleatoria y elegidas mediante los criterios de inclusión y exclusión definidas para el presente estudio.

En base a este resultado las 30 piezas fueron separadas en las siguientes categorías:

- a) Grupo 1: 10 primeros y segundos molares inferiores, que equivalen a 20 conductos para el sistema Lightspeed LSX.
- b) Grupo 2: 10 primeros y segundos molares inferiores, que equivalen a 20 conductos para el sistema Hyflex EDM.
- c) Grupo 3: 10 primeros y segundos molares inferiores, que equivalen a 20 conductos para el sistema Twisted Files Adaptive.

Con estas categorías expuestas, se realizó un estudio analítico comparativo desarrollado in vitro formado por los tres grupos asignándose de manera aleatoria los especímenes para cada uno.

### **5.3 Criterios de Selección**

#### **5.3.1 Criterios de Inclusión**

- Órganos dentarios con ápices completamente formados.
- Órganos dentarios con raíces intactas.
- Conductos radiculares permeables con una lima K #10.
- Conductos radiculares con salida independiente.
- Conductos radiculares no calcificados.
- Conductos radiculares con un grado de curvatura entre 20° y 50° de acuerdo al método de Schneider.

### **5.3.2 Criterios de Exclusión**

- Órganos dentarios con raíces previamente instrumentadas.
- Órganos dentarios con raíces previamente obturadas.
- Órganos dentarios con raíces fracturadas.
- Órganos dentarios con resorción interna o externa.
- Órganos dentarios con alguna anomalía morfológica.
- Órganos dentarios con alguna anomalía de desarrollo.

### **5.3.3 Criterios de Eliminación**

- Fractura del instrumento durante la conformación.
- Fractura de la porción radicular al momento de la instrumentación.
- Fractura de la porción radicular al momento de seccionarla en la cortadora.
- Obliteración del conducto radicular al montar el órgano dentario en la resina.
- Defecto ocasionado durante la manipulación que imposibilite la conformación.

## **5.4 Descripción de procedimientos**

### **5.4.1 Selección y preparación de los especímenes**

Se recolectaron 30 primeros y segundos molares inferiores extraídos del humano que conservaran su integridad radicular y forámenes mesiales independientes, estos especímenes fueron almacenados en solución fisiológica con dos gotas de hipoclorito de sodio, para eliminar tejido remanente y preservar su permeabilidad. Se desbridó la superficie de la raíz, para eliminar fragmentos de tejido y calcificaciones mediante un raspado radicular utilizando ultrasonido NSK y una punta de limpieza.

Así también se removió caries y/o cualquier tipo de restauración que pudiera estar presente en las caras oclusales desarrollando el acceso a cada uno de los especímenes de manera convencional, utilizando una fresa de carburo de bola # 4, con pieza de mano de alta velocidad (Panamax Plus-NSK) posteriormente, se exploraron los conductos mesiales con una lima K #10 (Dentsply Maillefer) para verificar la viabilidad del conducto y confirmar la presencia de forámenes independientes. Los dientes que necesitaran repararse por caries o restauraciones, se reconstruyeron de manera convencional con resina 3M.

Se eliminó la raíz distal con una fresa Zecrya, (Dentsply, Maillefer) ya que no era objeto del estudio y con esto se consiguió una mayor visibilidad de las radiografías posteriores a las cuales fue sometida la muestra. A cada espécimen se les tomó radiografía digital en sentido vestibulo-lingual y una segunda exposición en sentido mesio-distal, ambas con un instrumento K #10 (Dentsply Maillefer) en cada conducto.

Para obtener el grado de curvatura de las raíces se utilizó el método de Schneider. De esta manera, aquellos molares que cumplieron con los parámetros establecidos, fueron incluidos dentro del estudio, de forma tal que se estableció un promedio de curvatura entre 26.5 y 27.5 grados para cada grupo.

La longitud de las raíces se obtuvo con una lima K #10 (Dentsply Maillefer), vistas bajo microscopio en donde se insertaba la lima hasta salir del foramen, se colocaba la lima al ras del foramen y a esta medida se le restó 1 mm.

En la superficie externa de la raíz mesial con la ayuda de un vernier electrónico, se trazaron líneas perpendiculares al eje longitudinal de la raíz a los 2 mm y 5 mm del foramen hacia coronal con un lápiz 00. Una base de cera, se unió a la pieza dental por la cara oclusal, la cual realizó la función de soporte para fijar la pieza en la resina, evitando que la pieza se sumergiera por completo en ella. Se empleó un cubo con base de aluminio, según especificaciones de la técnica de bramante modificada, que consistía en cuatro paredes, de las cuales dos presentaban ranuras que sirvieron de retención y dos

más de caras lisas, montadas en una base del mismo material el cual sostenía las cuatro paredes.

## **5.4.2 Montaje de los Especímenes en la resina Epóxica.**

### **5.4.2.1 Preparación de la Resina**

Para cada Kg de resina en una báscula gramera se pesaron 100 gr de Monómero Metil Metacrilato y 5 gr de promotor, estos tres ingredientes se mezclaron con un abatelenguas de madera hasta tener una consistencia uniforme, seguido a esto en un recipiente de plástico se pesaron 100 gr de resina cristal previamente mezclada con Monómero Metil y promotor y se mezcló con 35 gotas de Catalizador.

### **5.4.2.2 Preparación de la base para montar los especímenes**

Como ya se mencionó previamente, se utilizó una base de aluminio, donde se ensamblaban las 4 paredes que formaban el cubo, colocando separador (WD-40) en todas las paredes para evitar que la resina se quedara adherida al metal, para después montar todos los componentes en la base. Se sellaron todas las paredes externas con Speedex Putty (Coltene) para evitar que la resina fluyera fuera del cubo, a cada uno de ellos, se le adaptó una prensa para fijar las paredes y evitar cualquier tipo de movimiento, posteriormente se colocaron los especímenes en el cubo de forma que la cara bucal estuviese próxima a una cara lisa del cubo, esto a manera de tener mayor visibilidad de las líneas previamente marcadas.

Una vez colocados los especímenes, se vació la resina en cada uno de los cubos, esperando 50 minutos a que fraguara y al término, se desarmaron todas las paredes del cubo para inmediatamente después volverse a montar, esto para evitar que la resina quedara adherida a las paredes del cubo. Concluida esta etapa, se dejaron dos horas para evitar cualquier tipo de contracción de la resina, y pasado este tiempo se desmontó el cubo.

Se realizó el mismo procedimiento con los 30 especímenes de la muestra, los cuales una vez montados en el cubo de resina, se verificó que los conductos siguieran patentes y no estuvieran obliterados por resina o cera rosa, esto con una lima tipo K #10.

#### **5.4.3 Corte de la Muestra**

Se acudió a la Facultad de Ciencias Químicas División de Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en donde se realizaron los cortes de los cubos de resina, utilizando una cortadora de baja velocidad Minitom (Struers) la cual proporciona cortes de precisión, con un disco de corte de diamante de 127mm diámetro x 0.4mm x 12.7 mm diámetro.

Cada cubo de resina fue seccionado basándose en una línea que se trazó con lápiz a los 2 y 5 mm del foramen apical, previamente marcada en la cara vestibular de la pieza dental.

#### **5.4.4 Técnica Fotográfica**

Se utilizó un estereomicroscopio digital marca Carl Zeiss con cámara digital de 5.0 Mega Pixeles (Axiocam ERc-5s.) 1.5X de Zoom Óptico (figura 12) a una distancia estandarizada de 11 cm.

Se eliminaron 6 órganos dentales al implementarse los criterios de eliminación debido a que se introdujo resina en el conducto quedando obliterado y no pudiendo acceder al mismo, quedando asignados ocho en cada grupo, para después dar inicio a la toma de fotografías de cada corte antes de instrumentar el conducto, registrando la magnificación y distancia del lente para que la foto posterior a la instrumentación fuera idéntica a la anterior. Se tomaron 2 fotografías; La primera a los 2 mm y la segunda a los 5 mm.

#### **5.4.5 Técnica de Instrumentación**

Con el motivo de no favorecer ninguna técnica al momento de instrumentar, se valoraron las fotos iniciales y los conductos fueron clasificados en regulares e irregulares, realizando un conteo final y distribuyendo de manera aleatoria el mismo número de conductos regulares e irregulares en cada grupo. Las muestras fueron distribuidas en 3 grupos, quedando 16 conductos para ser instrumentados por el sistema rotatorio TF Adaptive, 16 conductos por el sistema rotatorio Hyflex EDM y 16 conductos para el sistema rotatorio Lightspeed LSX.

#### **5.4.6 Evaluación de imágenes**

Las imágenes de pre-instrumentación y post-instrumentación fueron trasladadas al Software de Photoshop (Adobe) para realizar la sobreposición del antes y el después. Se delimitó el contorno pre-instrumentación y se identificó con un color rojo, se realizó el mismo procedimiento para la post-instrumentación la cual se identificó con un color verde. Se determinó el centro y los límites de las 4 paredes (mesial, distal, bucal y lingual) de cada uno de los conductos.

Para las mediciones se aplicó el Software de Ilustrador (Adobe) las cuales se obtuvieron midiendo en milímetros desde el centro hacia las paredes, esto para la pre-instrumentación y post-instrumentación, así como la sobreposición de estas.

#### **5.5 Análisis Estadístico**

El modelo de análisis de datos aplicado en este estudio fue un análisis de varianza (Anova), la cual consisten en obtener el promedio y varianzas de los datos de cada uno de los 3 grupos y confrontarlos entre sí, evidenciando si existiera diferencia, estadísticamente significativa, entre las varianzas de los grupos experimentales. Además de pruebas de HSD de Tukey para identificar los grupos específicos que muestren resultados significativos entre ellos. Todas las pruebas aplicadas fueron realizadas considerando un nivel de confiabilidad del 95%.

## 6. RESULTADOS

Tabla 1.  
Evaluación inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Bucal)

Grupo	Tiempo	Media	DE	Mín	Máy	Prueba t	Valor p
LXS 2 mm	Inicial	7.45	1.68	4.72	11.56	-3.47	0.001
	Final	10.15	1.96	6.88	12.86		
LXS 5 mm	Inicial	8.32	2.63	5.03	13.65	-2.02	0.044
	Final	9.57	1.50	6.82	11.38		
HyFlex 2 mm	Inicial	7.51	1.99	4.72	12.85	-2.84	0.004
	Final	9.44	1.94	7.17	15.02		
HyFlex 5 mm	Inicial	8.86	3.05	3.92	16.41	-1.84	0.066
	Final	9.70	1.38	7.58	13.29		
TFA 2 mm	Inicial	7.74	2.03	5.03	12.57	-2.69	0.007
	Final	8.95	1.20	6.38	10.58		
TFA 5 mm	Inicial	9.51	4.26	2.73	18.16	-0.41	0.679
	Final	9.33	2.12	6.01	14.26		

Los estadísticos descriptivos de la transportación de los conductos mesiales hacia la pared bucal en el nivel a 2 mm el sistema que menor transportación presentó fue TFA con un valor inicial  $7.74 \pm 2.03$  y un valor final  $8.95 \pm 1.20$ , seguido por el sistema de Hyflex con un valor inicial  $7.51 \pm 1.99$  y un valor final  $9.44 \pm 1.94$ , finalmente el sistema LSX con un valor inicial  $7.45 \pm 1.68$  y un valor final  $10.15 \pm 1.96$ . Con respecto a los resultados encontrados al nivel de 5 mm se observó que el sistema que menor transportación presentó fue Hyflex con un valor inicial  $8.86 \pm 3.05$  y un valor final  $9.70 \pm 1.38$ , seguido por el sistema de LSX con un valor inicial  $8.32 \pm 2.63$  y un valor final  $9.57 \pm 1.50$ , y finalmente en el sistema de TFA se encontró que no trabajó todos los conductos mesiales con un valor inicial  $9.51 \pm 4.26$  y un valor final  $9.33 \pm 2.12$  por lo cual no presenta ninguna transportación. Tabla 1.

Se acepta la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p < 0.05$  y se rechaza en el nivel de 5 mm en los sistemas de Hyflex y TFA con valores  $p=0.066$  y  $p=0.679$  respectivamente.

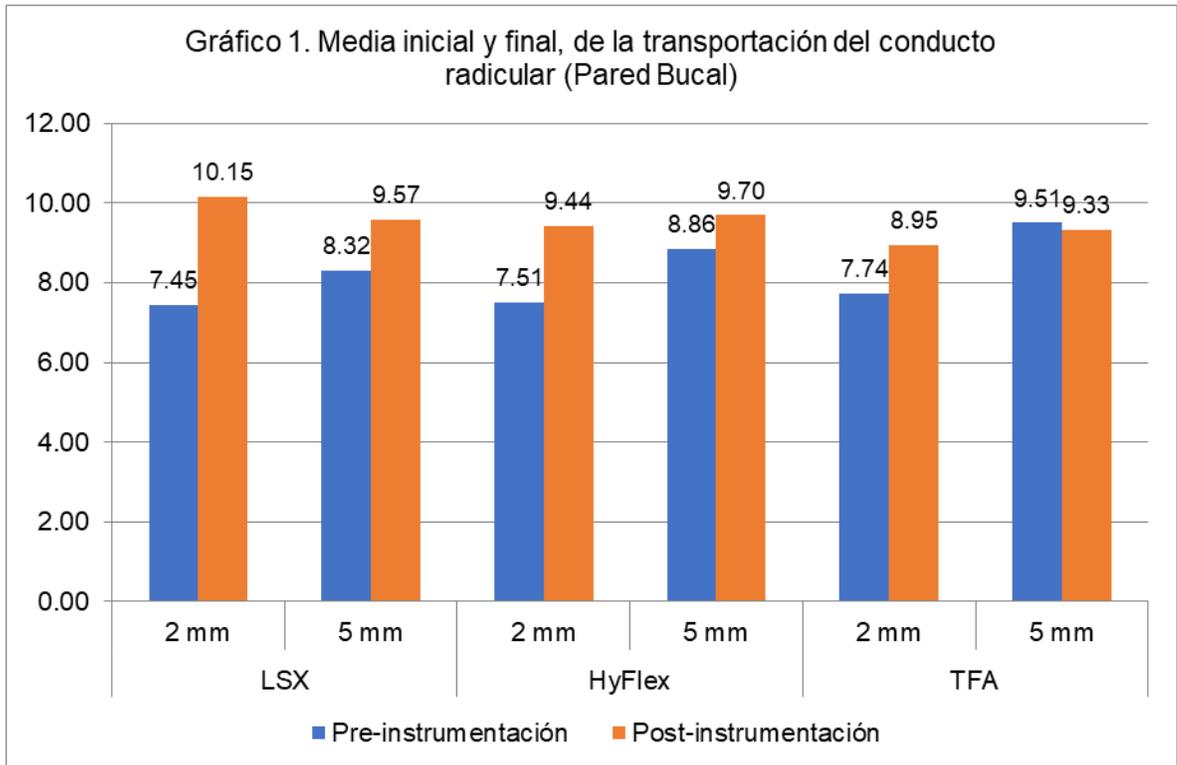


Tabla 2.  
Evaluación inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Distal)

Grupo	Tiempo	Media	DE	Mín	Máy	Prueba t	Valor p
LXS 2 mm	Inicial	6.49	1.51	4.74	9.39	-3.52	0.000
	Final	10.31	2.13	6.54	13.12		
LXS 5 mm	Inicial	5.70	0.85	4.13	7.16	-3.52	0.000
	Final	9.02	1.09	6.91	11.11		
HyFlex 2 mm	Inicial	6.20	1.62	4.22	9.98	-3.47	0.001
	Final	9.23	1.65	7.23	14.54		
HyFlex 5 mm	Inicial	5.78	1.08	3.90	7.82	-3.52	0.000
	Final	9.69	1.30	8.06	11.64		
TFA 2 mm	Inicial	6.40	1.07	4.74	8.76	-3.52	0.000
	Final	8.48	1.22	6.57	10.28		
TFA 5 mm	Inicial	5.54	1.29	2.96	8.00	-3.52	0.000
	Final	8.05	1.34	5.43	10.79		

La transportación en conductos mesiales hacia la pared distal en el nivel de 2 mm dio a TFA como el sistema que menor transportación presentó con un valor inicial de  $6.40 \pm 1.07$  y como valor final  $8.48 \pm 1.22$ , seguido por el sistema de HyFlex con un valor inicial de  $6.20 \pm 1.62$  y un valor final de  $9.23 \pm 1.65$  y finalmente el sistema de LSX presentó mayor transportación con un valor inicial de  $6.49 \pm 1.51$  y un valor  $10.31 \pm 2.13$ . Al nivel de 5 mm el sistema que mostró menor transportación es TFA con un valor inicial de  $5.54 \pm 1.29$  y un valor final  $8.05 \pm 1.34$ , seguido de LSX con un valor inicial de  $5.70 \pm 0.85$  y un valor final de  $9.02 \pm 1.09$  y finalmente el sistema de HyFlex con un valor inicial de  $5.78 \pm 1.08$  y un valor final de  $9.39 \pm 1.30$ . Tabla 2.

Se acepta la hipótesis de investigación en los dos niveles (2 mm y 5 mm) con un valor de  $p < 0.05$ .

Gráfico 2. Media inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Distal)

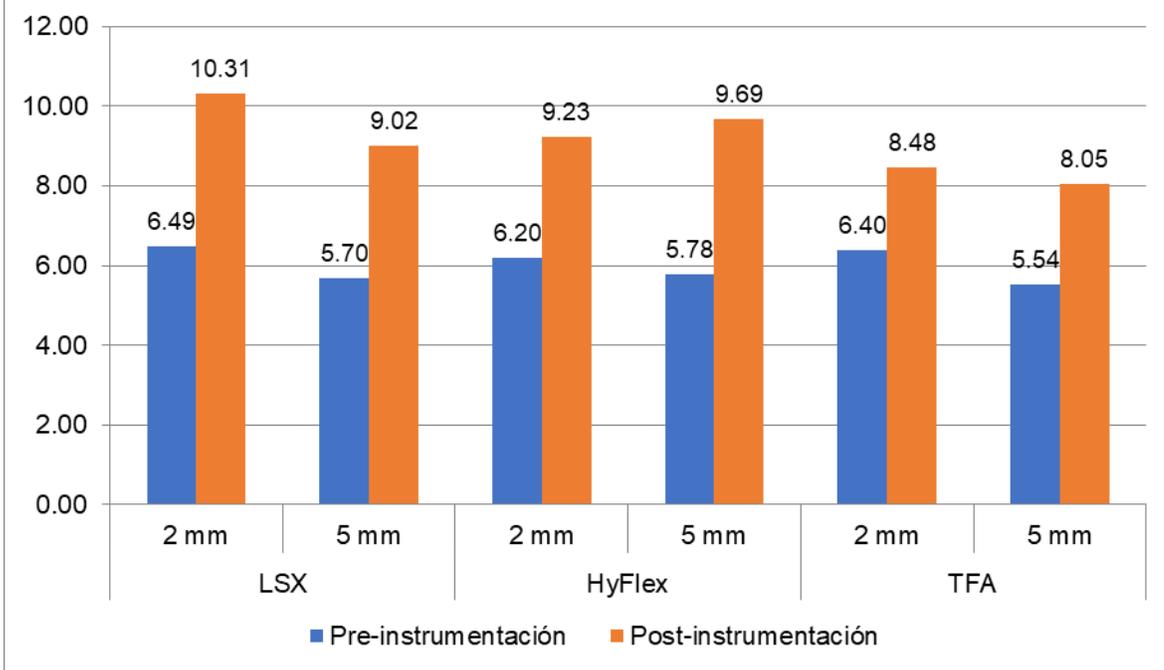


Tabla 3.  
Evaluación inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Lingual)

Grupo	Tiempo	Media	DE	Mín	Máx	Prueba t	Valor p
LXS 2 mm	Inicial	7.42	1.74	4.67	11.76	-3.46	0.001
	Final	10.13	1.95	6.85	12.82		
LXS 5 mm	Inicial	8.35	2.54	5.03	13.54	-1.99	0.047
	Final	9.51	1.46	6.83	11.43		
HyFlex 2 mm	Inicial	7.54	2.04	5.03	13.17	-2.90	0.004
	Final	9.48	1.87	7.08	14.81		
HyFlex 5 mm	Inicial	8.90	3.05	3.66	16.41	-1.81	0.070
	Final	9.70	1.37	7.55	13.33		
TFA 2 mm	Inicial	7.74	2.00	5.08	12.19	-2.79	0.005
	Final	8.95	1.34	6.03	10.94		
TFA 5 mm	Inicial	9.49	4.28	2.74	18.45	-0.28	0.776
	Final	9.29	2.16	5.75	14.26		

La evaluación de la transportación en conductos mesiales en el nivel de 2 mm mostró a TFA como el sistema con menor transportación con un valor inicial de  $7.74 \pm 2.00$  y un valor final de  $9.48 \pm 1.87$ , seguido de HyFlex con un valor inicial de  $7.54 \pm 2.04$  y un valor final de  $9.48 \pm 1.87$  y finalmente el sistema de LSX como el sistema que mayor transportación presentó con un valor inicial de  $7.42 \pm 1.74$  y un valor final de  $10.13 \pm 1.95$ . Para la evaluación en el nivel de 5 mm el sistema que presentó menor transportación es HyFlex con un valor inicial de  $8.90 \pm 3.05$  y un valor final de  $9.70 \pm 1.37$ , seguido del sistema LSX con un valor inicial de  $8.35 \pm 2.54$  y un valor final de  $9.51 \pm 1.46$ . Finalmente, el sistema de TFA no mostró transportación debido a que no tocó todas las paredes del conducto durante la conformación con un valor inicial  $9.49 \pm 4.28$  y un valor final de  $9.29 \pm 2.16$ . Tabla 3.

Se acepta la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p < 0.05$  y se rechaza en el nivel de 5 mm en los sistemas de Hyflex y TFA con valores  $p=0.070$  y  $p=0.776$  respectivamente.

Gráfico 3. Media inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Lingual)

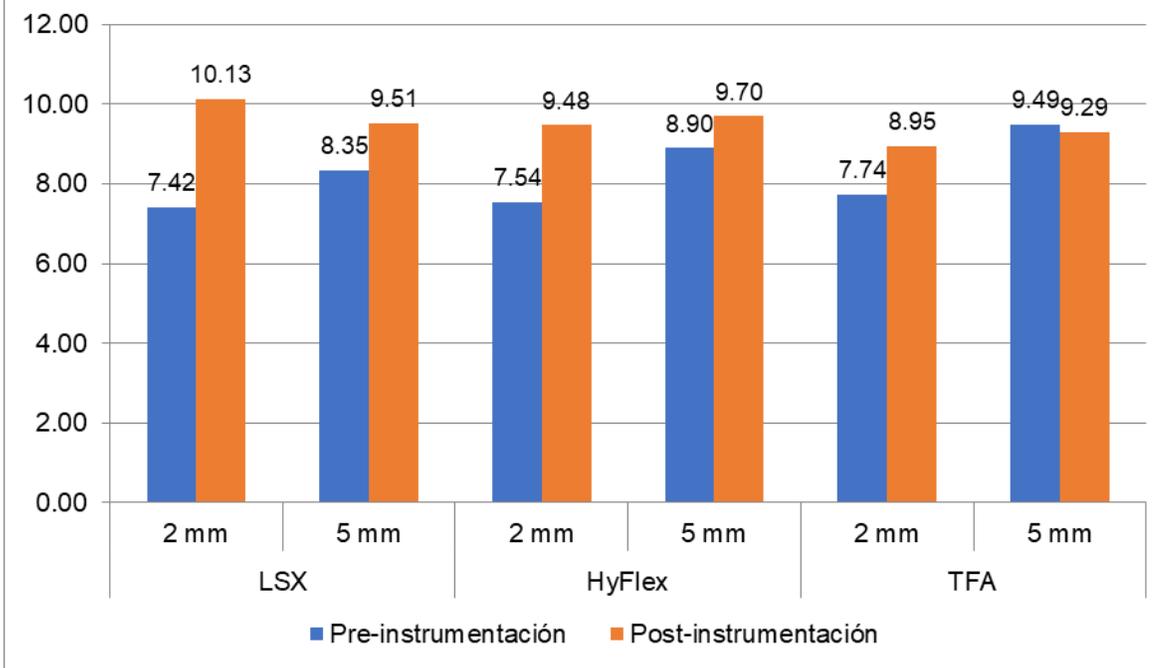


Tabla 4.  
Evaluación inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Mesial)

Grupo	Tiempo	Media	DE	Mín	Máx	Prueba t	Valor p
LXS 2 mm	Inicial	6.53	1.60	4.68	9.65	-3.52	0.000
	Final	10.36	2.15	6.54	13.14		
LXS 5 mm	Inicial	5.71	0.87	4.51	7.20	-3.52	0.000
	Final	9.00	1.08	6.74	11.09		
Hy.Flex 2 mm	Inicial	6.30	1.63	4.50	10.03	-3.46	0.001
	Final	9.20	1.72	6.85	14.63		
LXS 5 mm	Inicial	5.74	1.07	3.66	7.72	-3.52	0.000
	Final	9.75	1.30	7.87	11.76		
TFA 2 mm	Inicial	6.42	1.02	4.46	8.44	-3.52	0.000
	Final	8.54	1.17	6.66	10.28		
TFA 5 mm	Inicial	5.55	1.33	3.04	8.06	-3.52	0.000
	Final	8.06	1.31	5.48	10.75		

Los datos obtenidos para la transportación en conductos mesiales a 2 mm en la pared mesial dieron como resultado que el sistema que menos transportación presentó fue TFA con un valor inicial de  $6.42 \pm 1.02$  y un valor final de  $8.54 \pm 1.17$ , seguido de HyFlex con un valor inicial de  $6.30 \pm 1.63$  y un valor final de  $9.20 \pm 1.72$ , finalmente LSX con un valor inicial de  $6.53 \pm 1.60$  y un valor final  $10.36 \pm 2.15$ , este último presentando la mayor transportación. En el nivel de 5 mm el sistema con menor transportación es TFA con un valor inicial de  $5.55 \pm 1.33$  y un valor final de  $8.06 \pm 1.31$ , seguido de LSX con un valor inicial de  $5.71 \pm 0.87$  y un valor final de  $9.00 \pm 1.08$ , finalmente el sistema HyFlex presentó mayor transportación con un valor inicial de  $5.74 \pm 1.07$  y un valor final de  $9.75 \pm 1.30$ . Tabla 4.

Se acepta la hipótesis de investigación en los dos niveles (2 mm y 5 mm) con un valor de  $p < 0.05$ .

Gráfico 4. Media inicial y final, de la transportación del conducto radicular (Pared Mesial)

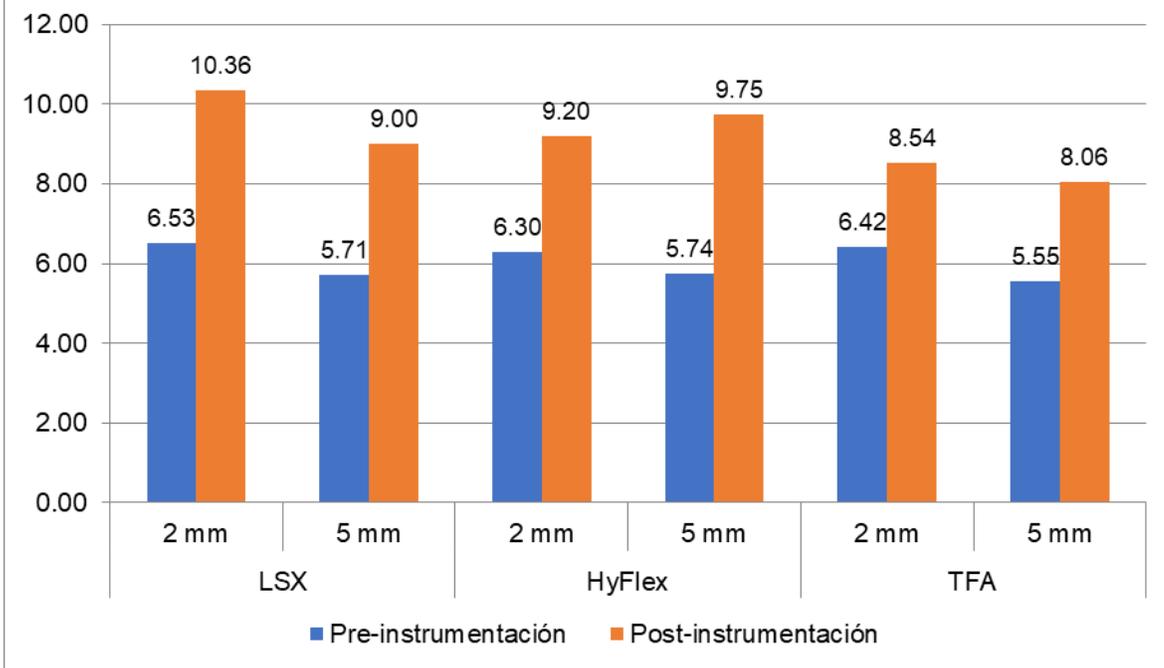


Tabla 5.

Comparación entre sistemas de instrumentación (Pared Bucal)

	Tiempo	Sistema	Media	DE	Mín	Max	Prueba F	Valor p
2 mm	Inicial	LSX	7.45	1.68	4.72	11.56	0.11	0.900
		HyFlex	7.51	1.99	4.72	12.85		
		TFA	7.74	2.03	5.03	12.57		
	Final	LSX	10.15	1.96	6.88	12.86		
		HyFlex	9.44	1.94	7.17	15.02		
		TFA	8.95	1.20	6.38	10.58		
5 mm	Inicial	LSX	8.32	2.63	5.03	13.65	0.49	0.614
		HyFlex	8.86	3.05	3.92	16.41		
		TFA	9.51	4.26	2.73	18.16		
	Final	LSX	9.57	1.50	6.82	11.38		
		HyFlex	9.70	1.38	7.58	13.29		
		TFA	9.33	2.12	6.01	14.26		

Se rechaza la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p=0.156$  y de 5 mm con un valor de  $p=0.823$  en la post-instrumentación. Tabla 5.

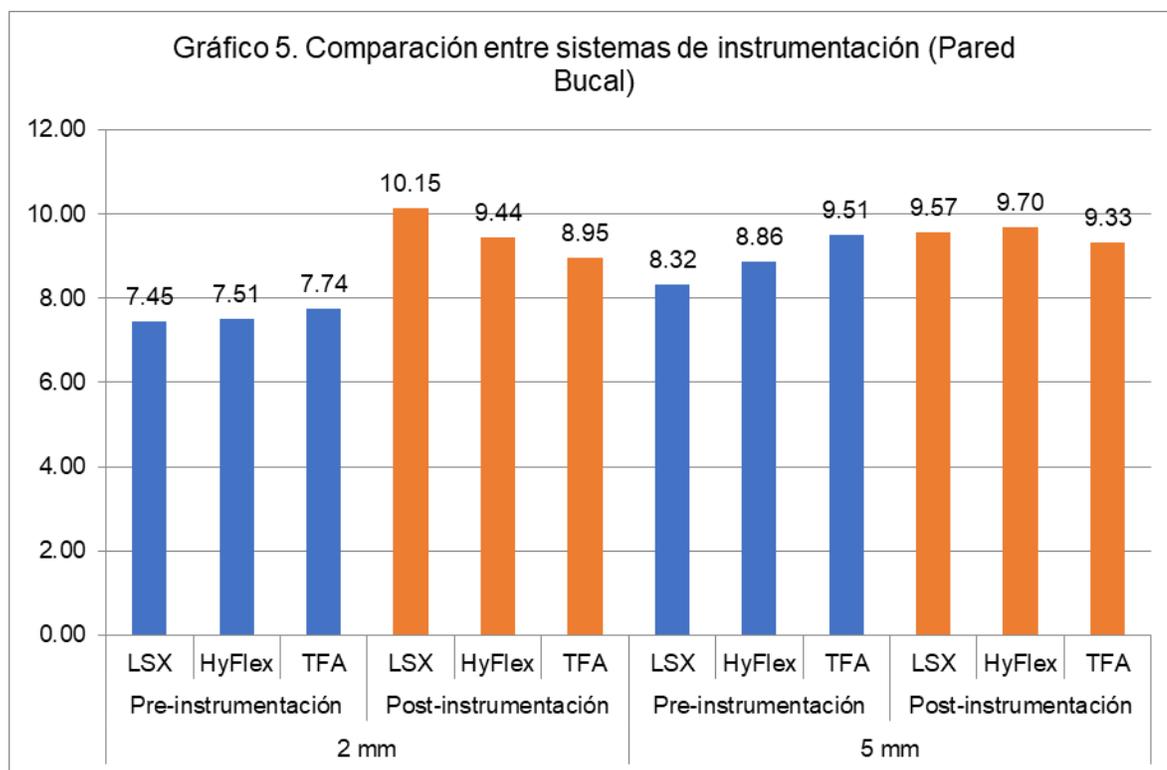


Tabla 6.

Comparación entre sistemas de instrumentación (Pared Distal)

	Tiempo	Sistema	Media	DE	Mín	Max	Prueba F	Valor p
2 mm	Inicial	LSX	6.49	1.51	4.74	9.39	0.18	0.835
		HyFlex	6.20	1.62	4.22	9.98		
		TFA	6.40	1.07	4.74	8.76		
	Final	LSX	10.31	2.13	6.54	13.12	4.65	0.015
		HyFlex	9.23	1.65	7.23	14.54		
		TFA	8.48	1.22	6.57	10.28		
5 mm	Inicial	LSX	5.70	0.85	4.13	7.16	0.20	0.820
		HyFlex	5.78	1.08	3.90	7.82		
		TFA	5.54	1.29	2.96	8.00		
	Final	LSX	9.02	1.09	6.91	11.11	7.02	0.002
		HyFlex	9.69	1.30	8.06	11.64		
		TFA	8.05	1.34	5.43	10.79		

Se acepta la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p=0.015$  y de 5 mm con un valor de  $p=0.002$  en la post-instrumentación. Tabla 6.

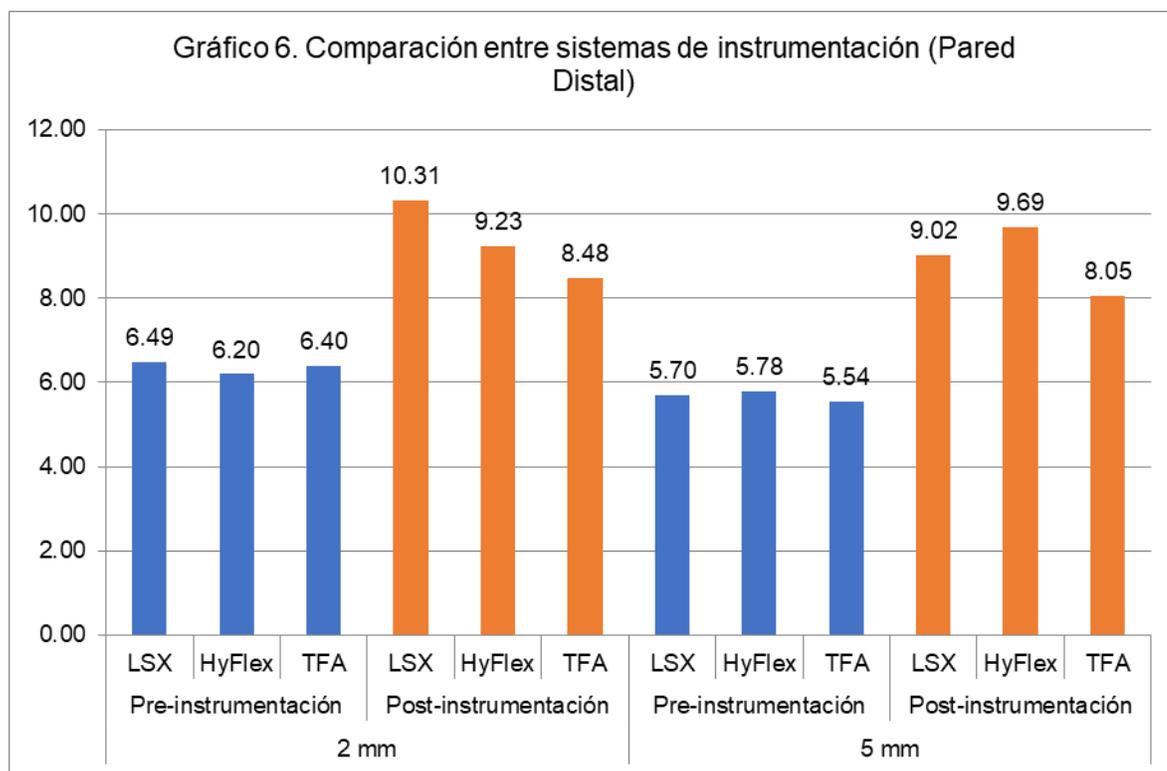


Tabla 7.

Comparación entre sistemas de instrumentación (Pared Lingual)

	Tiempo	Sistema	Media	DE	Mín	Max	Prueba F	Valor p
2 mm	Inicial	LSX	7.42	1.74	4.67	11.76	0.11	0.897
		HyFlex	7.54	2.04	5.03	13.17		
		TFA	7.74	2.00	5.08	12.19		
	Final	LSX	10.13	1.95	6.85	12.82	1.85	0.168
		HyFlex	9.48	1.87	7.08	14.81		
		TFA	8.95	1.34	6.03	10.94		
5 mm	Inicial	LSX	8.35	2.54	5.03	13.54	0.46	0.635
		HyFlex	8.90	3.05	3.66	16.41		
		TFA	9.49	4.28	2.74	18.45		
	Final	LSX	9.51	1.46	6.83	11.43	0.23	0.796
		HyFlex	9.70	1.37	7.55	13.33		
		TFA	9.29	2.16	5.75	14.26		

Se rechaza la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p=0.168$  y de 5 mm con un valor de  $p=0.796$  en la post-instrumentación. Tabla 7.

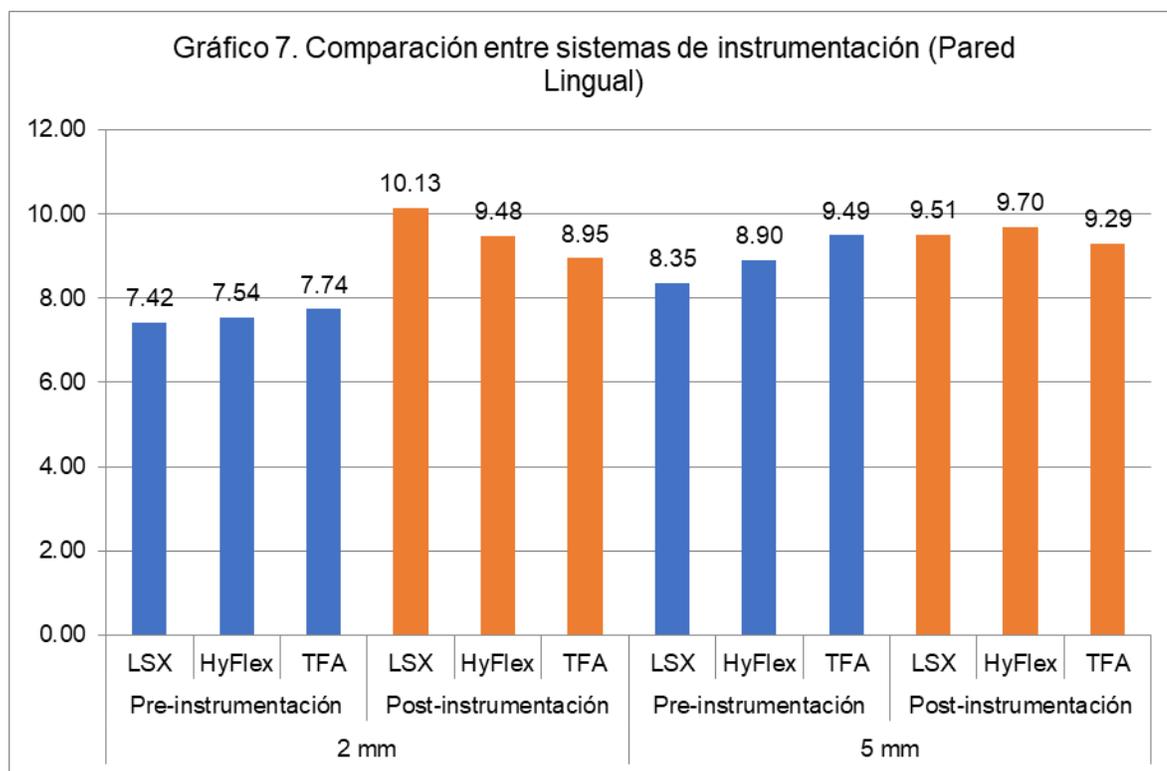
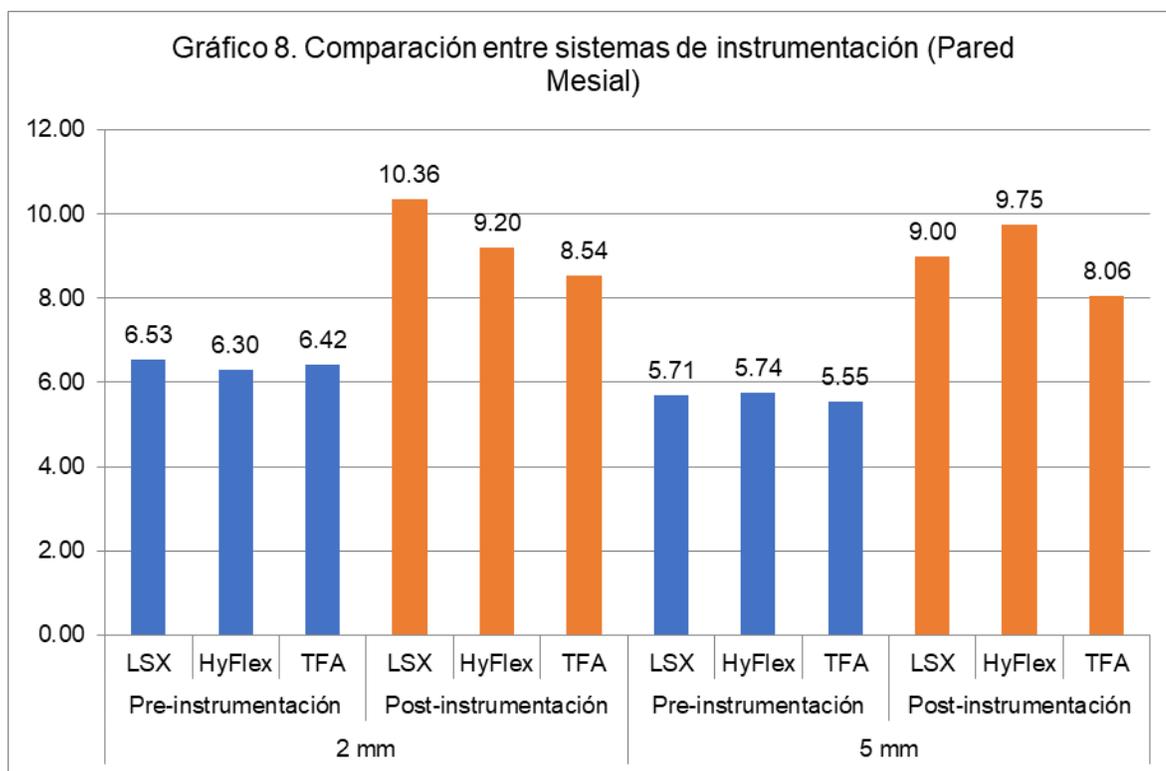


Tabla 8.

Comparación entre sistemas de instrumentación (Pared Mesial)

	Tiempo	Sistema	Media	DE	Mín	Max	Prueba F	Valor p
2 mm	Inicial	LSX	6.53	1.60	4.68	9.65	0.10	0.904
		HyFlex	6.30	1.63	4.50	10.03		
		TFA	6.42	1.02	4.46	8.44		
	Final	LSX	10.36	2.15	6.54	13.14	4.56	0.016
		HyFlex	9.20	1.72	6.85	14.63		
		TFA	8.54	1.17	6.66	10.28		
5 mm	Inicial	LSX	5.71	0.87	4.51	7.20	0.14	0.869
		HyFlex	5.74	1.07	3.66	7.72		
		TFA	5.55	1.33	3.04	8.06		
	Final	LSX	9.00	1.08	6.74	11.09	7.55	0.001
		HyFlex	9.75	1.30	7.87	11.76		
		TFA	8.06	1.31	5.48	10.75		

Se acepta la hipótesis de investigación en el nivel de 2 mm con un valor de  $p=0.016$  y de 5 mm con un valor de  $p=0.001$  en la post-instrumentación.. Tabla 8.



## 7. DISCUSIÓN

La presente investigación evaluó la transportación de 48 conductos de órganos dentarios viables con ápices completamente formados, conductos no calcificados, raíces intactas y con un grado de curvatura entre 20 y 50 grados, los cuales fueron instrumentados con tres sistemas de limas rotatorias: Lightspeed LSX, Hyflex EDM, y Twisted File Adaptive en condiciones similares, controladas y con un procedimiento desarrollado *in vitro*.

Las raíces de los órganos dentarios seleccionados aplicados en este estudio, fueron insertados en una resina acrílica incolora, activada químicamente, que permitió obtener un pequeño bloque, técnica descrita por Bramante et al 1987, lo que nos permitió estudiar la morfología anatómica de los conductos radiculares antes y después de la instrumentación para así realizar una comparación precisa de la transportación dada por los tres sistemas de instrumentación rotatoria que posteriormente fue analizada por el software de Photoshop e Ilustrador (Adobe).

La metodología aplicada ha sido referida desde 1975 en donde se detalla el uso de bloques de resina transparentes cuyo objetivo es poder visualizar y comparar los procedimientos de instrumentación de los conductos radiculares (Weine et al, 1975).

El estudio realizado e implementado bajo este mismo procedimiento permitió realizar una excelente evaluación estadística para el área de Endodoncia, en la que Twisted File Adaptive mostró una menor transportación a los 2 mm, condicionando una capacidad de centrado mayor, Silva et al en el 2017 ya había afirmado la capacidad de centrado y poca transportación en el conducto radicular cuando se comparó con ProTaper Next en los movimientos adaptive y continuo respectivamente.

De la misma manera, Liu y Wi en el 2016, demostraron que los instrumentos de Twisted File Adaptive, en comparación con WaveOne y ProTaper Next, tenían menos transportación del conducto radicular mientras que en el 2014, Ordinola et al, demostró

que el sistema de movimiento adaptivo mostró una transportación central mínima en los conductos radiculares curvos en comparación al sistema recíprocante.

A los 5 mm se destacó también la correcta conformación y menor transportación realizada con el sistema de Twisted File Adaptive en el cuál se contrasta con el estudio realizado por Marks Duarte et al en el 2018 donde a los 6 mm presentó una transportación significativa, lo cual adquiere de mayor importancia en la pared distal de las raíces mesiales debido al grosor disminuido que se encuentra a ese nivel. Por lo que podría conducir a un debilitamiento excesivo de la raíz o incluso, la perforación de la misma. Sin embargo el método aplicado para el instrumento fue de rotación continua y no de movimiento adaptivo como lo marca el fabricante.

Se ha llegado a evaluar de manera comparativa la capacidad de centrado en diferentes tipos de limas HyFlex, presentando excelentes resultados en todos sus grupos (Shi y Wagle, 2017) (Thompson et al, 2014) así como en la eficiencia de corte, no mostrando ningún efecto en su flexibilidad (Seago et al, 2015) (Ninan y Berzins, 2013) o bien, al comparar la capacidad de conformación contra sistemas recíprocantes en donde las limas HyFlex, brindaron mejores resultados (Özyürek et al, 2017).

En este estudio, HyFlex EDM demostró una buena conformación del conducto radicular, confirmándolo así con el estudio de Razcha et al en el 2020 donde se demuestra que mantiene la forma original del conducto sin causar errores significativos.

Las limas Hyflex han exhibido una menor transportación al compararse con otros grupos de limas, siendo evaluadas mediante el uso de CBCT (Simpson et al, 2016) además de que existen reportes de un mejor desempeño en términos de transportación (Venino et al, 2017).

El sistema rotatorio Lightspeed LSX al ser comparado con otros sistemas de instrumentación mostró un aumento mínimo del área de la superficie del conducto radicular y una transportación mínima (Prasanthi et al, 2016). Lightspeed LSX ha expuesto una capacidad superior de centrado al ser comparado contra instrumentos

manuales (Swarnkar, 2014). Sin embargo en el presente estudio, este sistema fue el que presentó mayor transportación de los tres que se aplicaron para la comparación.

En las condiciones de conformación, Lightspeed LSX es conocido por ser el instrumento que puede llegar a diámetros mayores por su carencia de taper en el cuerpo de la lima. Lo que, a su vez, es un plus dentro del tema de la instrumentación en endodoncia, ya que ningún otro instrumento nos permitiría una conformación similar a la de Lightspeed LSX ya que los demás sistemas si poseen una conicidad que juega parte importante en el proceso de la instrumentación.

En un estudio en el que se presenta una nueva lima Lightspeed LSX, se comparó la transportación observada en cada una de ellas, mostrando una efectividad similar en las diferentes limas Lightspeed LSX (Iqbal et al, 2007), se ha demostrado que Lightspeed LSX produce una tensión baja, lo que propicia una disminución en el riesgo de defectos dentinarios que puedan llegar a conducir una fractura (Kim et al, 2010).

Wu et al en el 2000, demostraron que el transporte apical interno, menor de 0.3 mm tendría un impacto mínimo en el pronóstico del tratamiento endodóntico. Los conductos radiculares curvos pueden causar una distribución no uniforme de la tensión en el instrumento al momento de la conformación, aumentando los valores de transportación (Arıcan Öztürk et al, 2020).

## 8. CONCLUSIONES

Bajo las siguientes condiciones experimentales del presente estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

La técnica de Bramante modificada, sigue siendo un buen procedimiento para estudios *in vitro* con el objetivo de evaluar o comparar distintos instrumentos.

Previo a la instrumentación se observó un alto índice de conductos irregulares e itsmos comparado a la prevalencia de conductos regulares, lo que nos indica que el desempeño de las técnicas será medido en gran parte por la anatomía inicial de los conductos.

La técnica de Twisted File Adaptive expuso índices menos elevados de transportación con la capacidad de centrado más en todos los conductos, a 2 mm del ápice en los conductos mesiales.

El instrumento de HyFlex EDM obtuvo óptimos resultados en la transportación de conductos a 2 mm del ápice, sin embargo, a 5 mm presentó la mayor transportación hacia la pared de peligro.

Lightspeed LSX presentó la mayor transportación de las tres técnicas aplicadas en este estudio, pero fue la única técnica que logró tocar todas las paredes del conducto radicular, lo que en términos de limpieza y conformación es mejor.

## 9. LITERATURA CITADA

Ahmad IA, Alenezi MA. Root and Root Canal Morphology of Maxillary First Premolars: A Literature Review and Clinical Considerations. *J Endod.* 2016;42(6):861-872.

Akbarzadeh N, Aminoshariae A, Khalighinejad N, et al. The Association between the Anatomic Landmarks of the Pulp Chamber Floor and the Prevalence of Middle Mesial Canals in Mandibular First Molars: An In Vivo Analysis. *J Endod.* 2017;43(11):1797-1801.

Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. *J Endod.* 2017;43(7):1186-1191.

Al-Obaida MI, Merdad K, Alanazi MS, et al. Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of 5 Heat-treated Nickel-titanium Reciprocating Systems in Canals with Single and Double Curvatures. *J Endod.* 2019;45(10):1237-1241.

Arıcan Öztürk B, Atav Ateş A, Fişekçioğlu E. Cone-Beam Computed Tomographic Analysis of Shaping Ability of XP-endo Shaper and ProTaper Next in Large Root Canals. *J Endod.* 2020;46(3):437-443.

Baruwa AO, Martins JNR, Meirinhos J, et al. The Influence of Missed Canals on the Prevalence of Periapical Lesions in Endodontically Treated Teeth: A Cross-sectional Study [published correction appears in *J Endod.* 2020 Apr 15;:]. *J Endod.* 2020;46(1):34-39.e1.

Belladonna FG, Carvalho MS, Cavalcante DM, et al. Micro-computed Tomography Shaping Ability Assessment of the New Blue Thermal Treated Reciproc Instrument. *J Endod.* 2018;44(7):1146-1150.

Beltes P, Kalaitzoglou ME, Kantilieraki E, Beltes C, Angelopoulos C. 3-Rooted Maxillary First Premolars: An Ex Vivo Study of External and Internal Morphologies. *J Endod.* 2017;43(8):1267-1272.

Bramante CM, Berbert A, Pinheiro BR. A Methodology for Evaluation of Root Canal Instrumentation. *J Endod* 1987;13(5):243-245.

Bürklein S, Breuer D, Schäfer E. Prevalence of taurodont and pyramidal molars in a German population. *J Endod.* 2011;37(2):158-162.

Bürklein S, Heck R, Schäfer E. Evaluation of the Root Canal Anatomy of Maxillary and Mandibular Premolars in a Selected German Population Using Cone-beam Computed Tomographic Data. *J Endod.* 2017;43(9):1448-1452.

Castelucci, (2004). Endodontics. En A. Castelucci, Endodontics (págs. 244-329). : TRIDENTE.

Cleghorn BM, Christie WH, Dong CC. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *J Endod.* 2006;32(9):813-821.

Estrela C, Decurcio DA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e73. Published 2018 Oct 18.

Fogel HM, Cunha RS. Maxillary First Molars with 2 Distobuccal Canals: A Case Series. *J Endod.* 2017;43(11):1925-1928.

Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e67. Published 2018 Oct 18.

Ghobashy AM, Nagy MM, Bayoumi AA. Evaluation of Root and Canal Morphology of Maxillary Permanent Molars in an Egyptian Population by Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2017;43(7):1089-1092.

Goo HJ, Kwak SW, Ha JH, Pedullà E, Kim HC. Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 2017;43(11):1872-1877.

Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. *J Endod.* 2017;43(7):1192-1196.

Hansen JR, Beeson TJ, Ibarrola JL. Case series: tooth retention 5 years after irretrievable separation of LightSpeedLSX instruments. *J Endod.* 2013;39(11):1467-1470.

Hargreaves y Cohen. (2011). *Vías de la pulpa (Décima Edición ed.)*. España: Elsevier.

Hiebert BM, Abramovitch K, Rice D, Torabinejad M. Prevalence of Second Mesio Buccal Canals in Maxillary First Molars Detected Using Cone-beam Computed Tomography, Direct Occlusal Access, and Coronal Plane Grinding. *J Endod.* 2017;43(10):1711-1715.

İnan U, Keskin C. Torsional Resistance of ProGlider, Hyflex EDM, and One G Glide Path Instruments. *J Endod.* 2019;45(10):1253-1257.

Iqbal MK, Banfield B, Lavorini A, Bachstein B. A comparison of LightSpeed LS1 and LightSpeed LSX NiTi rotary instruments in apical transportation and length control in simulated root canals. *J Endod.* 2007;33(3):268-271.

Isik V, Kwak SW, Abu-Tahun IH, Ha JH, Kayahan MB, Kim HC. Effect of Shaft Length on the Torsional Resistance of Rotary Nickel-titanium Instruments. *J Endod.* 2020;46(2):295-300.

Jafarzadeh H, Wu YN. The C-shaped root canal configuration: a review. *J Endod.* 2007;33(5):517-523.

Jamleh A, Alfouzan K. Vertical Load Induced with Twisted File Adaptive System during Canal Shaping. *J Endod.* 2016;42(12):1811-1814.

Keleş A, Keskin C. Detectability of Middle Mesial Root Canal Orifices by Troughing Technique in Mandibular Molars: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod.* 2017;43(8):1329-1331.

Kim HC, Lee MH, Yum J, Versluis A, Lee CJ, Kim BM. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod.* 2010;36(7):1195-1199.

Kimura S, Ebihara A, Maki K, Nishijo M, Tokita D, Okiji T. Effect of Optimum Torque Reverse Motion on Torque and Force Generation during Root Canal Instrumentation with Crown-down and Single-length Techniques. *J Endod.* 2020;46(2):232-237.

Kwak SW, Ha JH, Cheung GS, Kim SK, Kim HC. Comparison of In Vitro Torque Generation during Instrumentation with Adaptive Versus Continuous Movement. *J Endod.* 2019;45(6):803-807.

Lambrianidis, Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics.* (2009);15:56-74.

Liu W, Wu B. Root Canal Surface Strain and Canal Center Transportation Induced by 3 Different Nickel-Titanium Rotary Instrument Systems. *J Endod.* 2016;42(2):299-303.

Marks Duarte P, Barcellos da Silva P, Alcalde MP, et al. Canal Transportation, Centering Ability, and Cyclic Fatigue Promoted by Twisted File Adaptive and Navigator EVO Instruments at Different Motions. *J Endod.* 2018;44(9):1425-1429.

Martins JNR, Alkhawas MAM, Altaki Z, et al. Worldwide Analyses of Maxillary First Molar Second Mesiobuccal Prevalence: A Multicenter Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2018;44(11):1641-1649.e1.

Martins JNR, Francisco H, Ordinola-Zapata R. Prevalence of C-shaped Configurations in the Mandibular First and Second Premolars: A Cone-beam Computed Tomographic In Vivo Study. *J Endod.* 2017;43(6):890-895.

Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Versiani MA. Prevalence Studies on Root Canal Anatomy Using Cone-beam Computed Tomographic Imaging: A Systematic Review. *J Endod.* 2019;45(4):372-386.e4.

Mashyakhy M, Chourasia HR, Jabali A, Almutairi A, Gambarini G. Analysis of Fused Rooted Maxillary First and Second Molars with Merged and C-shaped Canal Configurations: Prevalence, Characteristics, and Correlations in a Saudi Arabian Population. *J Endod.* 2019;45(10):1209-1218.

McSpadden, (2007). *Mastering Endodontic Instrumentation*. Canada: Arbor Books.

Ninan E, Berzins DW. Torsion and bending properties of shape memory and superelastic nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2013;39(1):101-104.

Nosrat A, Verma P, Hicks ML, Schneider SC, Behnia A, Azim AA. Variations of Palatal Canal Morphology in Maxillary Molars: A Case Series and Literature Review. *J Endod.* 2017;43(11):1888-1896.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MA, et al. Shaping ability of reciproc and TF adaptive systems in severely curved canals of rapid microCT-based prototyping molar replicas. *J Appl Oral Sci* 2014;22:509–15.

Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. *J Endod.* 2017;43(5):805-809.

Pedullà E, La Rosa GRM, Virgillito C, Rapisarda E, Kim HC, Generali L. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary Instruments according to the Angle of File Access and Radius of Root Canal. *J Endod.* 2020;46(3):431-436.

Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, Bravo M, Castelo-Baz P, Ruíz-Piñón M, Baca P. Cone-beam Computed Tomographic Study of Root Anatomy and Canal Configuration of Molars in a Spanish Population. *J Endod.* 2017;43(9):1511-1516.

Prasanthi NN, Rambabu T, Sajjan GS, Varma KM, Satish RK, Padmaja M. A comparative evaluation of the increase in root canal surface area and canal transportation in curved root canals by three rotary systems: A cone-beam computed tomographic study. *J Conserv Dent.* 2016;19(5):434-439.

Radwan A, Kim SG. Treatment of a hypertaurodontic maxillary second molar in a patient with 10 taurodonts: a case report. *J Endod.* 2014;40(1):140-144.

Ratanajirasut R, Panichutra A, Panmekiate S. A Cone-beam Computed Tomographic Study of Root and Canal Morphology of Maxillary First and Second Permanent Molars in a Thai Population. *J Endod.* 2018;44(1):56-61.

Ring J, Ring KC. Rare Root Canal Configuration of Mandibular Second Premolar Using Cone-beam Computed Tomographic Scanning. *J Endod.* 2017;43(11):1897-1900.

Seago ST, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, et al. Effect of repeated simulated clinical use and sterilization on the cutting efficiency and flexibility of Hyflex CM nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2015;41(5):725-728.

Shemesh A, Kavalerchik E, Levin A, et al. Root Canal Morphology Evaluation of Central and Lateral Mandibular Incisors Using Cone-beam Computed Tomography in an Israeli Population. *J Endod.* 2018;44(1):51-55.

Shen Y, Tra C, Hieawy A, Wang Z, Haapasalo M. Effect of Torsional and Fatigue Preloading on HyFlex EDM Files. *J Endod.* 2018;44(4):643-647.

Shi L, Wagle S. Comparing the Centering Ability of Different Pathfinding Systems and Their Effect on Final Instrumentation by Hyflex CM. *J Endod.* 2017;43(11):1868-1871.

Silva EJNL, Pacheco PT, Pires F, Belladonna FG, De-Deus G. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. *Int Endod J.* 2017;50(7):694-699.

Simpsy GS, Sajjan GS, Mudunuri P, Chittem J, Prasanthi NN, Balaga P. Shaping ability of reciprocating motion of WaveOne and HyFlex in moderate to severe curved canals: A comparative study with cone beam computed tomography. *J Conserv Dent.* 2016;19(6):578-582.

Souza-Flamini LE, Leoni GB, Chaves JF, et al. The radix entomolaris and paramolaris: a micro-computed tomographic study of 3-rooted mandibular first molars. *J Endod.* 2014;40(10):1616-1621.

Studebaker B, Hollender L, Mancl L, Johnson JD, Paranjpe A. The Incidence of Second Mesio Buccal Canals Located in Maxillary Molars with the Aid of Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2018;44(4):565-570.

Swarnkar A. A Comparison of Canal-centering ability of Two Nickel-Titanium Rotary Systems with Nickel Hand Instrumentation with Stainless Steel Hand Instrumentation in 10 to 25° Curved Canals using Kuttler's Cube. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2014;7(3):157-162.

Tahmasbi M, Jalali P, Nair MK, Barghan S, Nair UP. Prevalence of Middle Mesial Canals and Isthmi in the Mesial Root of Mandibular Molars: An In Vivo Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2017;43(7):1080-1083.

Thompson M, Sidow SJ, Lindsey K, Chuang A, McPherson JC 3rd. Evaluation of a new filing system's ability to maintain canal morphology. *J Endod.* 2014;40(6):867-870.

Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-310.

Tokita D, Ebihara A, Miyara K, Okiji T. Dynamic Torsional and Cyclic Fracture Behavior of ProFile Rotary Instruments at Continuous or Reciprocating Rotation as Visualized with High-speed Digital Video Imaging. *J Endod.* 2017;43(8):1337-1342.

Tokita D, Ebihara A, Nishijo M, Miyara K, Okiji T. Dynamic Torque and Vertical Force Analysis during Nickel-titanium Rotary Root Canal Preparation with Different Modes of Reciprocal Rotation. *J Endod.* 2017;43(10):1706-1710.

Torabinejad y Walton. (2009). *Endodoncia Principios y Práctica* (Cuarta Edición ed.). St. Louis, Missouri: Elsevier.

Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K, Gündoğar M, Plotino G. Apically Extruded Debris during Root Canal Instrumentation with Reciproc Blue, HyFlex EDM, and XP-endo Shaper Nickel-titanium Files. *J Endod.* 2018;44(5):856-859.

Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K. Comparison of Alterations in the Surface Topographies of HyFlex CM and HyFlex EDM Nickel-titanium Files after Root Canal Preparation: A Three-dimensional Optical Profilometry Study. *J Endod.* 2018;44(1):115-119.

van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, de Wet FA. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod.* 2019;45(1):62-67.

Venino PM, Citterio CL, Pellegatta A, Ciccarelli M, Maddalone M. A Micro-computed Tomography Evaluation of the Shaping Ability of Two Nickel-titanium Instruments, HyFlex EDM and ProTaper Next. *J Endod.* 2017;43(4):628-632.

von Zuben M, Martins JNR, Berti L, et al. Worldwide Prevalence of Mandibular Second Molar C-Shaped Morphologies Evaluated by Cone-Beam Computed Tomography. *J Endod.* 2017;43(9):1442-1447.

Weinberg EM, Pereda AE, Khurana S, Lotlikar PP, Falcon C, Hirschberg C. Incidence of Middle Mesial Canals Based on Distance between Mesial Canal Orifices in Mandibular Molars: A Clinical and Cone-beam Computed Tomographic Analysis. *J Endod.* 2020;46(1):40-43.

Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975;1(8):255-262.

Wolf TG, Stiebritz M, Boemke N, et al. 3-dimensional Analysis and Literature Review of the Root Canal Morphology and Physiological Foramen Geometry of 125 Mandibular Incisors by Means of Micro-Computed Tomography in a German Population. *J Endod*. 2020;46(2):184-191.

Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod*. 2000;26(4):210-216.

Wu YC, Cathy Tsai YW, Cheng WC, et al. Relationship of the Incidence of C-shaped Root Canal Configurations of Mandibular First Premolars with Distolingual Roots in Mandibular First Molars in a Taiwanese Population: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod*. 2018;44(10):1492-1499.e1.

Wu YC, Cheng WC, Chung MP, et al. Complicated Root Canal Morphology of Mandibular Lateral Incisors Is Associated with the Presence of Distolingual Root in Mandibular First Molars: A Cone-beam Computed Tomographic Study in a Taiwanese Population [published correction appears in *J Endod*. 2018 Mar;44(3):517]. *J Endod*. 2018;44(1):73-79.e1.

Xu T, Fan W, Tay FR, Fan B. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Prevalence, Distribution, and Morphologic Features of Accessory Canals in Chinese Permanent Teeth. *J Endod*. 2019;45(8):994-999.

Zhang Y, Xu H, Wang D, et al. Assessment of the Second Mesio Buccal Root Canal in Maxillary First Molars: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod*. 2017;43(12):1990-1996.

Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J*. 2018;51(10):1088-1103.

## **10. RESUMEN BIOGRÁFICO**

Miguel Angel Alvarez Hernández

Candidato para el Grado de

Especialidad en Endodoncia

Tesis: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TRANSPORTACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES UTILIZANDO: LIGHTSPEED LSX, HYFLEX EDM Y TF ADAPTIVE”

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Datos Personales: Nacido en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, hijo de María Lourdes Hernández Martínez y Miguel Angel Alvarez Isaac.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el año 2018, grado obtenido: Cirujano Dentista.

Experiencia Profesional: Al término de mis estudios de Licenciatura, realicé por un año el Servicio Social en el Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología UANL, para después iniciar mi preparación de Especialidad en Endodoncia en el Posgrado de Endodoncia UANL.