



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**  
**MAESTRÍA EN ENDODONCIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

Alumno:

**M.E. Jorge Eduardo Bernal Morán**

Director(a):

**MC. María Verónica Méndez González**

Asesores:

**MC. Ana María Guadalupe González Amaro**

**PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez**

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**  
**MAESTRÍA EN ENDODONCIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

**AUTOR:**

**M.E. Jorge Eduardo Bernal Morán**

Tesis presentada para obtener el grado de:

**MAESTRO EN ENDODONCIA**

---

**DIRECTOR DE TESIS..... MC. María Verónica Méndez González**

**ASESOR.....MC. Ana María Guadalupe González Amaro**

**ASESOR.....PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez**

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



# **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

**AUTOR:**

**M.E. Jorge Eduardo Bernal Morán**

**MAESTRO EN ENDODONCIA**

---

DIRECTOR DE TESIS..... MC. María Verónica Méndez González  
Profesor-Investigador  
Maestría en Endodoncia, UASLP  
San Luis Potosí, S.L.P.

ASESOR..... MC. Ana María Guadalupe González Amaro  
Profesor-Investigador  
Maestría en Endodoncia, UASLP  
San Luis Potosí, S.L.P.

ASESOR..... PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez  
Profesor-Investigador  
Maestría en Endodoncia, UASLP  
San Luis Potosí, S.L.P.

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



## **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

---

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por los siguientes asesores:

---

**MC. María Verónica Méndez González**  
Directora

---

**Mtra. Ana María Guadalupe González Amaro**  
Asesor

---

**PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez**  
Asesor

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



## **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

---

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodencia, por los siguientes sinodales:

---

**MC Ericka del Carmen Romero Rodríguez**

---

**PhD. Fernando Torres Méndez**

---

**PhD. Alejandro López Aldrete**

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



## **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MEDICIÓN DEL GRADO DE CURVATURA Y RADIO DE CONDUCTOS RADICULARES”**

**Autor: M.E. Jorge Eduardo Bernal Morán**

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por las siguientes autoridades:

---

---

Dr. Ricardo Martínez Ríder  
Director de la Facultad de Estomatología.

---

Dra. María Verónica Méndez González  
Coordinadora de la Maestría en Endodoncia.

---

Dra. Yolanda Hernández Molinar  
Jefa de la División de posgrados de la Facultad de Estomatología

**San Luis Potosí, S.L.P. 30 de Junio del 2020**



Estudio comparativo de la medición del grado de curvatura y radio de conductos radiculares por Jorge Eduardo Bernal Morán se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## DEDICATORIAS

Agradecido siempre con **Dios**.

Dedicado a Elizabeth y José Hilario. Esto es suyo. Todo es suyo. Gracias por la vida y lo que a través de ella me han enseñado. Que la eternidad me brinde siempre tenerlos en esta u otras vidas.

Ludy, Lalo, Pepe, Rosa María y Jose H. Siempre presentes, gracias por mandar tanta luz, quisiera que estuvieran aquí.

Perla gracias por siempre confiar en mí, fuiste la primera en creer que podríamos llegar a este momento y lo estamos haciendo, lo hiciste todo más fácil, gracias, te amo.

Agradezco ahora y le agradeceré siempre, toda mi vida, Maestra Ana María, ojalá pueda entender los grandes cambios que su persona puede darle a la vida de alguien más con simplemente abrirle las puertas. Sin usted mi historia sería otra, no me alcanzan las palabras para agradecerle, gracias.

Doctora Verónica gracias por darme la oportunidad de formar parte de la Maestría en Endodoncia, cuando uno llega es uno y cuando uno se va es otro; otro que su mundo y manera de pensar ha cambiado, cuando en mis manos esté poder ayudar al prójimo, siempre lo haré. Gracias.

Doctora Claudia y Doctor Fernando; un alumno siempre necesita el apoyo de un maestro, un consejo o simplemente ser escuchado, ustedes siempre están ahí, en mi generación éramos 11. Muchas gracias.

Doctora Mariana gracias por su dedicación, por su apoyo en el proyecto desde que se planeaba y hasta ahora, siempre con actitud positiva y siempre con ganas de ayudar; virtudes de personas exitosas, gracias.

A mis maestros, instructores de clínica; la pasión con la que hacen las cosas en el posgrado es un ejemplo, si todo mundo hiciera lo que le toca como ustedes lo hacen, nuestro país, nuestra sociedad, sería otra; gracias por impulsarnos a seguir su camino.



## RESUMEN

**Introducción:** El estudio de la anatomía macroscópica de las piezas dentarias es complejo, y se sabe que solo el 3% de los dientes son rectos y que el 97% presentan curvaturas que pueden ser de 10-45° aproximadamente o más, afectando el radio del conducto. Parámetros que son indispensables de conocer al momento de la evaluación de la instrumentación del conducto radicular, y determinar en qué medida los objetivos de la preparación del conducto radicular pueden ser alcanzados y evitar que instrumentos endodónticos no cambien el centrado del conducto radicular o no causen accidentes como escalones, transportaciones o zip. Para ello, análisis radiográficos que permiten establecer el grado de curvatura y radio de las piezas dentarias mediante métodos tradicionales son utilizados. Sin embargo, hoy en día contamos con métodos digitales que pudieran establecer más certeza de esta información.

**Objetivo:** Determinar cuál método (manual o digital) es mejor para determinar el grado de curvatura y radio en piezas dentarias.

**Metodología:** Fueron evaluadas 20 raíces mesiales de molares inferiores extraídos, obtenidos por medio de recolección en instituciones públicas y en la clínica de cirugía de la Facultad de Estomatología de la UASLP. Los criterios de inclusión que se contemplaron fueron que las raíces mesiales de los primeros molares se mantuvieran intactas, estudios que evalúen la toma de radio y curvatura radicular. Los criterios de exclusión abarcaron molares inferiores que presenten raíces dañadas o incompletas, piezas dentales con conductos calcificados o sin conducto aparente, raíces mesiales previamente tratadas. Se realizó un dispositivo conformado por una base para colocar las muestras y un posicionador para el colimador basado en la técnica de Maggiore; utilizando el sensor Vatech 1.5 y el software Ez- Dent i (Vatech 2019) para la captura de las imágenes. Las imágenes fueron evaluadas en 4 grupos distintos los cuales fueron toma de ángulo por método se Schneider convencional, técnica de Estrela para calcular el radio y dos más para medición del radio y ángulo respectivamente por medio de software Autocad®. Los datos obtenidos fueron

evaluados por medio del software Minitab (2017) y posteriormente se realizó un coeficiente correlacional intraclase por medio del programa R.

**Resultados:** Se obtuvieron resultados de ICC muy similares entre los grupos, encontrando un ICC de 0.997 entre los métodos utilizados para medir los ángulos (0.992 Schneider, 0.999 Autocad) y un ICC de 0.948 para los grupos donde evaluó el radio (0.876 Estrela, 0.979 Autocad). No se encontró una diferencia estadísticamente significativa al momento de comparar cada una de las técnicas, se arrojaron resultados similares mostrando un grado de confiabilidad importante en cualquiera de las técnicas.

**Conclusiones:** De acuerdo a los resultados se acepta la hipótesis nula, en donde el método con AutoCad®, no permite establecer mejor el ángulo y radio en las piezas dentales que el método de Schneider. Sin embargo, los análisis digitales facilitan la educación para el paciente, menor tiempo de adquisición y, además, mejora la imagen profesional a la percepción del paciente.

**Palabras claves:** Angulo de curvatura, radio, Técnica de Schneider, AutoCad®.

**“Proyecto apoyado por el programa de  
fortalecimiento a la calidad educativa  
UASLP/PFCE2019**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1 MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 Anatomía del sistema de conductos.....	2
1.1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Requisitos para realizar un tratamiento endodóntico: .....	3
1.2.1 Conceptos anatomía dental .....	3
1.2.2 Nomenclatura Pucci, Reig, Kuttler .....	5
1.2.3 Clasificación de los conductos radiculares .....	5
1.3 Aspectos a evaluar por medio de imagenología .....	7
1.3.1 Generalidades a observar en la conformación según Kuttler (3).....	8
1.3.2 Anatomía estructural del tercio apical.....	9
1.4 Antecedentes históricos de la imagenología .....	9
1.4.1 Siglos XX-XXI: avances tecnológicos en radiología e importantes descubrimientos en el diagnóstico por la imagen.....	10
1.4.2 Tipos de radiografías .....	12
1.4.3 Condiciones óptimas para Interpretar una radiografía:.....	12
1.5 Imagen Digital .....	15
1.5.1 Imagen Digital Directa: .....	15
1.6 Uso de imagenología en estudios endodónticos .....	15
1.7 Determinación del grado de curvatura .....	20
1.7.1 Método de Schneider.....	20
1.7.2 Método de Weine.....	22
2 JUSTIFICACIÓN .....	24
2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	24

3	OBJETIVOS .....	25
3.1	Objetivo General .....	25
3.2	Objetivos específicos .....	25
4	HIPÓTESIS .....	25
5	METODOLOGÍA .....	26
5.1	Lugar de realización: .....	26
5.2	Consideraciones éticas .....	26
5.3	Diseño de estudio: .....	26
5.4	Criterios de selección .....	26
5.4.1	Criterios de Inclusión: .....	26
5.4.2	Criterios de Exclusión: .....	26
5.5	Definición conceptual y operacional de las variables .....	27
5.5.1	Variables Independientes .....	27
5.5.2	Variables dependientes .....	28
5.6	Número de muestra .....	28
5.7	Aleatorización de los datos .....	29
5.8	Análisis Estadístico .....	29
6	Metodología Experimental .....	30
6.1	Fase 1: Elaboración del dispositivo .....	30
6.2	Fase 2: Toma de imágenes y análisis de curvaturas y radios .....	33
7	RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	35
8	DISCUSION .....	42
9	CONCLUSIONES .....	45
10	REFERENCIAS .....	46

## INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la imagenología médica es generar información de gran importancia para la caracterización de la fisiología y/o anatomía de diversos órganos o partes del cuerpo humano. En la actualidad es innegable la utilidad de las diversas modalidades de imagenología médica como apoyo clínico tanto en la generación de diagnósticos de un buen número de enfermedades como en la planeación de tratamientos tendientes a proporcionar una alternativa de solución a las personas que, por una u otra razón, manifiestan algún desequilibrio en su salud.

Las Imágenes diagnósticas son el conjunto de estudios, que, mediante la tecnología, obtienen y procesan imágenes del cuerpo humano. Para entender mejor los conceptos básicos y generalidades, es necesario recopilar información sobre la historia, mecanismos de generación de imagen, términos, indicaciones y contraindicaciones, así como ventajas y desventajas de los estudios por imagen que actualmente se utilizan con mayor frecuencia, como, Rayos X; Ultrasonido; Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM).

Dentro de las distintas herramientas para llevar a cabo estudios de imagenología se encuentran las radiografías; esta ha sido una opción de gran utilidad ya que no solo permite descifrar diagnósticos clínicos, sino que también abrió paso a numerosas investigaciones. El descubrimiento de los rayos X de Wilhelm Conrad Röntgen cambió el mundo, no solo en las ciencias médicas, además abrió un nuevo y vasto horizonte de oportunidades e inspiración en la investigación.

El diagnóstico por imagen abarca las distintas técnicas que permiten obtener imágenes de las partes del organismo que no son accesibles a la inspección visual. Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética (EM) de alta energía. La radiación tiene longitudes de ondas mucho más cortas que la luz visible, por lo que los fotones de rayos X tienen mucha mayor energía que los fotones de luz.

En la medicina moderna la radiología convencional, la tomografía computarizada, el ultrasonido, y la resonancia magnética son procedimientos realizados frecuentemente para diagnosticar múltiples enfermedades y evaluar la eficacia de diferentes estrategias terapéuticas. En la endodoncia la evaluación de las distintas técnicas de instrumentación representa un rol importante dentro de la búsqueda del instrumento ideal que permita al clínico llegar al éxito del tratamiento, sobrepasando los desafíos que cada caso conlleva, así como son complicaciones anatómicas, anomalías en desarrollo radicular, seguridad en su manejo y sobre todo que permita llevar a cabo las condiciones primordiales como son la instrumentación, la irrigación y la obturación; de manera que la evaluación por medio de imágenes ha sido de gran ayuda para corroborar la eficacia o el déficit que los distintos sistemas nos pueden ofrecer. La obtención de una imagen que nos muestre la anatomía radicular antes de ser instrumentada poniéndose en comparación con una en la que la raíz ya ha sido trabajada puede revelar la manera exacta en la que cada sistema trabaja, apoyándose de programas digitales que ayuden a mantener esta comparación con cifras estadísticas y ampliaciones; sin embargo la obtención de estas imágenes debe ser tomada bajo las mejores condiciones para evitar distorsión, de manera que utilizar dispositivos de alineación para corroborar angulación, evitar proyecciones erróneas y mantener distancias estables representa un paso fundamental para obtener correctos resultados.

Las imágenes radiográficas son una herramienta que permite establecer la curvatura y radio del sistema de conductos, estas son variables importantes cuando se llevan a cabo investigaciones para la instrumentación, el centrado del conducto, la transportación, en las distintas técnicas de obturación, por lo que es importante establecer el método más objetivo para poder determinar estos elementos.

# 1 MARCO TEÓRICO

El 8 de noviembre de 1895 en la ciudad alemana de Wurzburg se descubrieron los Rayos X, hecho ocurrido cuando el físico Wilhelm Conrad Röntgen al experimentar con un tubo de rayos catódicos cubiertos con papel negro y en una sala oscura, observó que un papel de platinocianuro de bario, que casualmente se encontraba en la cercanía, se iluminó; a éste tipo de radiación la denominó Rayos X. Este hallazgo, es sin duda alguna uno de los más grandes acontecimientos, ya que fue el inicio de la radiología y sentó las bases para desarrollos futuros. (1)

Los Rayos X son un tipo de radiación electromagnética ionizante que debido a su pequeña longitud de onda (1 ó 2 Angstroms), tienen capacidad de interacción con la materia. Cuanto menor es la longitud de onda, mayores son su energía y poder de penetración. Los componentes fundamentales que conforman el equipo radiológico convencional son: el tubo de Rayos X, el generador de radiación y el detector de radiación. Sin embargo, dependiendo de la aplicación específica se utilizan otros elementos adicionales.

Además de los estudios radiográficos convencionales, actualmente se cuenta con la Radiología Digital. Los primeros sistemas de radiología digital presentados por la empresa Fuji en 1981 consistieron en escanear las placas radiográficas convencionales (analógicas) y digitalizar la radiografía utilizando un convertidor analógico digital.(2)

El término radiología digital se utiliza para denominar a la radiología que obtiene imágenes directamente en formato digital, sin haber pasado previamente por obtener la imagen en una placa de película radiológica. Existen dos métodos para obtener una imagen radiográfica digital: la imagen radiográfica digitalizada y la imagen radiográfica digital; la diferencia entre ambas consiste en que la imagen digitalizada se obtiene mediante el escaneo o la captura fotográfica de la imagen de una placa radiográfica, mientras que la radiografía digital se obtiene mediante la captura digital directa.



En la odontología, la radiología ha jugado un rol fundamental en el diagnóstico oportuno. Y es debido al avance en la adquisición y procesado de la imagen digital, y a los desarrollos de nuevas tecnologías, que han revolucionado el manejo del intercambio de la información en la odontología. Donde las radiografías intraorales y extraorales se han adaptado a esa revolución digital. Y entre las ventajas que ofrecen encontramos: la definición de la imagen, la adquisición por el profesional tratante, además son la primera elección para completar el examen clínico, proporcionando una visión de la conformación internas de la pieza dentaria y de las estructuras de soporte, evidenciando caries, pérdida ósea alveolar, lesiones apicales y una amplia gama de condiciones óseas.

## **1.1 Anatomía del sistema de conductos**

Junto a otros aspectos clínicos, el conocimiento de la anatomía radicular brindará al clínico un mejor resultado durante los diversos procedimientos endodónticos. Las dificultades anatómicas obligan al endodoncista a realizar una mejor acción clínica y de esta manera obtener un diagnóstico detallado.

### **1.1.1 Antecedentes**

- Claudio Galeno en el Siglo II cita número exacto de dientes y raíces.
- Andreas Versalius ubica la cámara pulpar y describe la anatomía dental.
- Leonardo Da Vinci marca diferencia entre molares y premolares. Describe el antro de Highmore.
- Carabelli en 1844 describe forma, número y dirección de conductos radiculares.
- Black en 1890, su libro “Anatomía descriptiva de los dientes humanos”.
- Hess, 1925, estudia 2800 dientes, empleando caucho y ácido clorhídrico.
- Okumura 1927, impregna con tinta china 1949 dientes y transparenta los conductos.

- Pucci y Reig 1944, estudio en 2621 dientes. Clasifican conductos radiculares en forma y dirección de conductos.
- Kuttler 1955, estudió en 402 ápices (18 – 25 años y 55 años en adelante) conductos formados por dos conos: cementario y dentinario. Vértice apical es el punto final de la raíz. El centro del forámen se desvía del vértice conforme la edad. Determina que la mayor constricción es en CDC.

## **1.2 Requisitos para realizar un tratamiento endodóntico:**

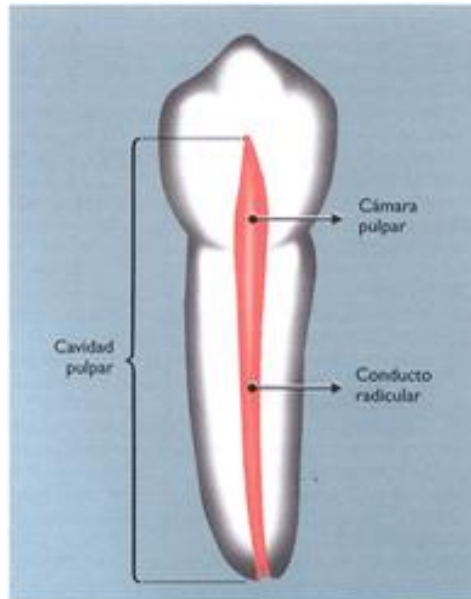
En relación a los tratamientos endodónticos, se han establecido los siguientes requisitos:

- Conocer forma, tamaño, topografía y disposición de cámara y conductos.
- Adaptar los conocimientos anatómicos a la edad del diente.
- Deducir por medio clínico y radiográfico la condición anatómica.

### **1.2.1 Conceptos anatomía dental**

- Eminencias: cúspides, tubérculos y crestas
- Surcos, fosas, fosetas

La cavidad pulpar se conforma de: Cámara pulpar y conducto radicular (**Figura 1**)



**Figura 1** Conformación de la cavidad pulpar. (3)

*a) Cavidad pulpar*

Según Leonardo (1965) la define como el espacio interno del diente ocupado por pulpa, limitado por dentina a excepción del foramen. (3)

*b) Cámara pulpar*

Es la porción superior donde se aloja la pulpa coronaria y presenta:

- Pared oclusal, incisal o techo.
- Pared cervical o piso.
- Pared mesial, distal, vestibular y lingual.

*c) Rostrum Canalium:*

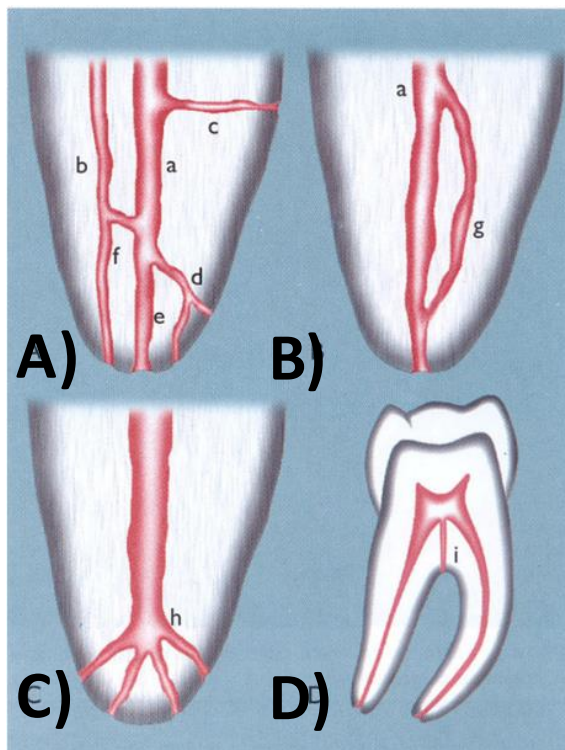
Zona o espolón del piso pulpar donde inician los conductos.

*d) Conducto radicular*

Es el espacio ocupado por la pulpa radicular. Se inicia a nivel del piso de cámara pulpar y termina a nivel del forámen apical. (3)

### 1.2.2 Nomenclatura Pucci, Reig, Kuttler

De acuerdo con Kuttler, el conducto radicular está dividido en una porción larga cónica dentinaria y una porción corta cementaria en forma de embudo (**Figura 2**).

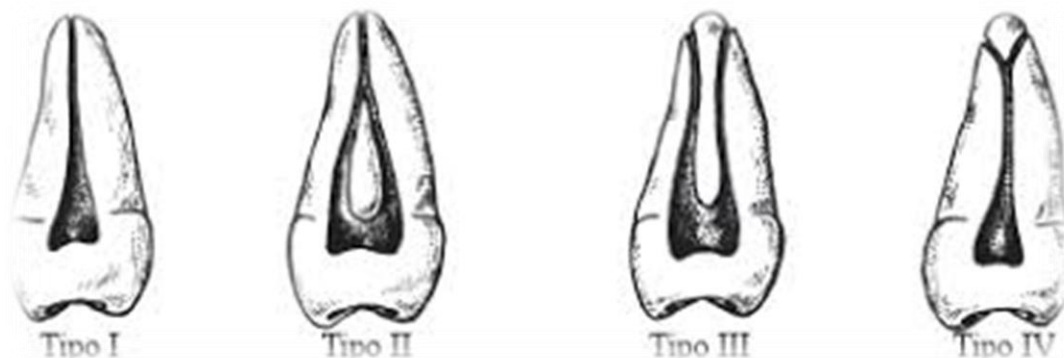


**Figura 2** Representación gráfica de un conducto radicular. A) Sistema de conductos, b) Conducto recurrente, c) Delta apical; d) Cavo Interradicular. (3)

### 1.2.3 Clasificación de los conductos radiculares

a) Clasificación de Weine, Chicago 1972 (4)( **Figura 3**)

- Tipo I: Un solo conducto desde cámara pulpar hasta ápice.
- Tipo II: 2 conductos que partiendo de la cámara confluyen y terminan en un forámen.
- Tipo III: 2 conductos independientes con dos forámenes en el ápice.
- Tipo IV: 1 conducto que partiendo de cámara se bifurca y termina en 2 forámenes.



**Figura 3** Clasificación de Weine de los conductos radiculares(4)

b) Clasificación de Vertucci, 1984(**Figura 4**)(5):

- Tipo I: Un solo conducto desde la cámara hasta el ápice.
- Tipo II: Dos conductos separados desde la cámara que se unen en el ápice.
- Tipo III: Un conducto que se divide en dos y luego se une nuevamente.
- Tipo IV: Dos conductos separados desde la cámara al ápice.
- Tipo V: Un conducto desde la cámara que se divide en dos y termina en dos foraminas separadas.
- Tipo VI: Dos conductos que se unen en el tercio medio y luego vuelven a separarse para terminar en dos foraminas separadas.
- Tipo VII: Un conducto que se divide en dos, se une en el tercio medio y luego vuelve a separarse para terminar en dos foraminas separadas.
- Tipo VIII: Tres conductos desde la cámara hasta el ápice.

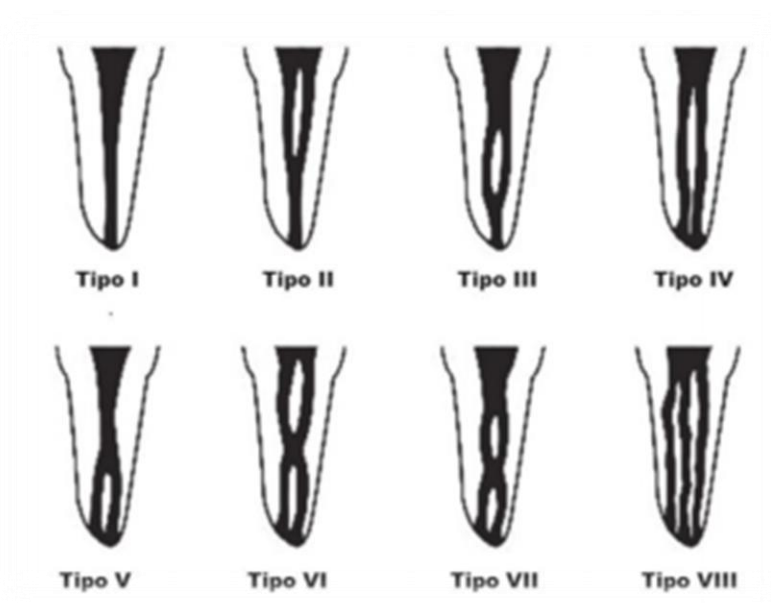


Figura 4 Clasificación de Vertucci de los conductos radiculares(5)

### 1.3 Aspectos a evaluar por medio de imagenología

Parashos (6) escribe los objetivos mecánicos descritos por Schilder (7) el cual reconoce que la conformación del conducto radicular debe ser llevada a cabo con respecto a su anatomía original y en relación con la técnica de obturación:

*Conicidad progresiva desde la cavidad de acceso hasta el foramen apical.* Una preparación progresivamente cónica facilita la acción de los irrigantes además de crear una forma que tienda a mantener el material de obturación dentro del conducto, eliminando el riesgo de extrusión del material.

*La preparación del conducto radicular debe mantener su anatomía original.* El sistema de conductos posee múltiples planos geométricos y curvaturas significativamente más en unas raíces que en otras. El uso de instrumentos inflexibles resulta en una distribución de fuerza desigual en ciertas áreas lo cual hace que el instrumento tienda a enderezarse dentro del conducto, llevando así a una transportación en el tercio apical, mientras que en tercio cervical es transportado hacia la concavidad. (7)

La forma natural del mismo es cónica, más ancha a nivel de la cámara y más estrecha a nivel apical. Con la instrumentación vamos a ensanchar el conducto hasta que podamos introducir un cono de gutapercha de calibre tal que pueda ser llevado de una forma fácil hasta la constricción apical. Pero para obtener un buen sellado, debemos condensar la gutapercha fuertemente contra las paredes del conducto. (8) Esto nos obliga a introducir muchas puntas y a utilizar instrumentos como los espaciadores. Por estas razones, debemos cambiar la forma del conducto aumentando su conicidad natural. Un conducto claramente cónico es mucho más fácil de obturar que un conducto cilíndrico, y es que este último el espaciador tendrá dificultades para alcanzar la longitud de trabajo.(8)

Schilder (7) enseñó a operar los conductos en tercera dimensión, mediante la aplicación de cinco objetivos mecánicos para tener éxito en la limpieza y conformación:

- Desarrollar una forma cónica afilada y continua en la preparación del conducto radicular. Excavar y preservar la forma natural del conducto. Principal ventaja, la obturación, los principios hidráulicos y la limpieza.
- Estrechar el conducto en el ápice, con la sección transversal más estrecha en el CDC. La única excepción es un diente con reabsorción interna o con una protuberancia inusual en la forma natural del conducto.
- Realizar la preparación en múltiples planos. El sellado tridimensional del punto de salida es la ventaja de este objetivo.
- Nunca transportar el foramen y mantener el foramen lo más pequeño que resulte práctico.
- Mantener el eje del instrumento con el que se conforma en sentido de la raíz sin distorsionar sus paredes

### **1.3.1 Generalidades a observar en la conformación según Kuttler (3)**

*El foramen apical debe permanecer en su posición original.* La transportación del conducto podría resultar en un daño en el foramen apical, creando una forma elíptica, perdiendo así la posición original lo que constituye una de las principales

causas del fracaso endodóntico, es por esto que se busca llevar a cabo una preparación respetando al máximo la posición del foramen apical.

### **1.3.2 Anatomía estructural del tercio apical**

Con el avance de las técnicas se ha podido dilucidar la correcta anatomía estructural del tercio apical en donde podemos identificar estructuras como: unión Cemento-dentina (CDC), Constricción apical, Foramen apical, Foraminas accesorias, conducto cementario, conductos laterales, ápice anatómico y ápice radiográfico. (9)

En relación a la constricción apical, es el diámetro más estrecho del conducto, no se encuentra en el punto de salida del mismo, sino que suele localizarse en la dentina, justo antes de las primeras capas del cemento dentario. El cual se denomina como punto de menor diámetro del conducto, aunque actualmente se utiliza con más frecuencia el término de constricción apical.(10)

## **1.4 Antecedentes históricos de la imagenología**

Wilhelm Conrad Rontgen, científico alemán, descubrió los rayos X en 1895 en el instituto de física en la universidad de Wurzburg. Trabajando con un tipo de rayos llamado catódicos se dio cuenta que tales rayos atravesaban diversos materiales y que además su imagen se reflejaba en una placa fotográfica y los llamo rayos X por desconocer su naturaleza. En la actualidad sabemos que los rayos X son producidos por el choque de electrones acelerados por un gran voltaje contra un metal, produciéndose así ondas electromagnéticas capaces de atravesar diversos materiales entre ellos el cuerpo humano. Sobre una mesa de madera, cerca de la ventana y la mirada de un gran reloj de pared, Roentgen, el viernes 8 de noviembre de 1895, realizando sus experimentos en el tubo de Hittorf-Crookes, descubrió de forma casual que se iluminaba el cartón con el platino cianuro de bario. Por lo que la primera radiografía que se realizó en el laboratorio, fue de la mano de Berta, su mujer. Y es a partir de ahí que los avances tecnológicos en radiología han ido evolucionando (1) (11)



#### **1.4.1 Siglos XX-XXI: avances tecnológicos en radiología e importantes descubrimientos en el diagnóstico por la imagen**

Avances tecnológicos en cuanto a radiología y diagnóstico de imágenes se han implementado en los últimos dos siglos, en los que han destacado:

- *Tubo de rx*: Los tubos actuales son de cátodo incandescente y con vacío elevado que permite que los electrones no interactúen con moléculas de gas y pierdan energía. El ánodo giratorio permite que no se produzcan problemas de refrigeración.
- *Intensificador de imagen o luminosidad*: soluciona el problema de la baja percepción de detalles de la imagen radioscópica convencional. La imagen de radiación es transformada en imagen luminosa con intensidad de brillo mayor. El resultado es una imagen de gran luminosidad, más pequeña que la original y que puede verse en un monitor a través de un circuito cerrado de televisión.
- *Película radiográfica*: la radiografía es una representación fotográfica sobre una emulsión, de las variaciones de intensidad de un haz de rx después de atravesar estructuras de diferentes densidades y espesores. Las técnicas de procesamiento de la película radiográfica han ido evolucionando hasta llegar a la procesadora automática.
- *1945: invención de la computadora* Los grandes avances en el diagnóstico médico mediante la imagen radiológica no hubiese sido posible sin la invención de la computadora y el desarrollo paralelo de la informática. Desde que empezó a utilizarse los computadores para obtener una imagen digital (tomografía computarizada), los avances tecnológicos en la radiología digital han sido muy importantes en los diferentes campos de obtención y representación de imágenes, almacenamiento y más recientemente en la transmisión a distancia.
- *1972: tomografía axial computarizada* Después del descubrimiento de los RX por Roentgen, la Tomografía Computarizada (TC) ha sido la invención más

importante en el diagnóstico por la imagen. Las primeras aplicaciones clínicas se realizaron en 1972. En 1979, Hounsfield y Cormack (físico norteamericano que también contribuyó a su descubrimiento), recibieron el Premio Nobel de Medicina. La TC permite ver cortes axiales del cuerpo humano a partir de muchas determinaciones de absorción de los fotones de los RX. En 1978 se instaló el primer TC en España y fue en el Hospital de Sant Pau de Barcelona.

- *1976-2010: evolución de la tomografía axial computarizada (TAC O TC)* Desde que en 1970 se diseñó el primer equipo de TC hasta la actualidad, han ido sucediéndose diferentes generaciones que han mejorado la rapidez y la calidad de la imagen, modificándose especialmente la rotación del tubo de RX y la localización y número de detectores. La mayor innovación ha sido el TC helicoidal multicorte (2001-02), que permite cortes muy finos. El diseño de los detectores ha sido, no obstante, el avance más significativo.
- *1942-2010: aplicación de los ultrasonidos en medicina:* Los ultrasonidos (US) se basan en la detección y representación de los ecos reflejados (energía acústica) en las distintas interfaces del cuerpo.
- *Radiología digital* La Radiografía computarizada (CR) y la radiografía digital directa (DR) triunfan hoy día sobre la radiografía convencional. Son ya tecnologías maduras que se han ganado su aceptación clínica. Durante los últimos 25 años muchos sistemas de placas radiográficas han sido sustituidos por unidades digitales

Por lo que a partir del descubrimiento de los rayos X, diferentes disciplinas entre ellas el área médica, han hecho uso de esta herramienta sin precedentes; la odontología no es la excepción. El Dr. Frederic Otto Walkhoff, profesor de la Universidad de Braunschweig, Alemania, fue el primer odontólogo en tomar una radiografía dental en su propia boca; y el Dr. Edmund Kells en Nueva Orleans, fue el primer odontólogo en utilizar los rayos X como elemento indispensable para el examen clínico (1896).

### 1.4.2 Tipos de radiografías

Los tipos de radiografías más usadas en odontología son:

- a) Extraorales: Ortopantomografía Postero-anterior Lateral.
- b) Intraorales: Periapicales Aleta de mordida Oclusales.

### 1.4.3 Condiciones óptimas para Interpretar una radiografía:

Utilizar pantallas de visualización lisa, uniforme y con luz brillante, de preferencia visualizarla en una habitación tranquila y oscura, hacer uso de magnificadores para los detalles y deben de estar secas. (2)

- *Regla de Clark (regla del objeto bucal):*

Descrita en 1910 por Clark, se basa en la forma en que las posiciones de las imágenes radiográficas de dos objetos separados cambian cuando se modifica el ángulo de proyección con el cual fueron tomadas. Los objetos más lejanos (linguales o palatinos) de la fuente de rayos X se moverán hacia la dirección en la que fue tomada la radiografía (cono). De la misma forma los objetos más cercanos (bucales) a la fuente de rayos X se moverán hacia la dirección opuesta en la que fue tomada la radiografía.

- *Técnica de dicotomografía de Heckel Almeida(12):*

Consiste en obtener en una misma película dos imágenes radiográficas con diferentes angulaciones, vertical u horizontal. Para ello se dobla la película en la mitad a nivel del eje menor por la superficie de exposición, manteniéndola así con una cinta adhesiva y usando uno de los lados para cada incidencia variando las angulaciones. Esta técnica es útil para apertura de conductos calcificados, perforaciones o escalones, localización de instrumentos fracturados, evaluación de obturaciones retrógradas, etc.

- *Técnica Le Master:*

En la radiografía de los molares superiores suele observarse con frecuencia la superposición de la apófisis piramidal del maxilar superior y del hueso malar sobre el tercio apical de los dientes mencionados. Le Master en el año de 1924 realizó una modificación a la técnica de la bisectriz que consistió en una disminución de la angulación del plano vertical, logrando así un mayor paralelismo entre la película radiográfica y el eje longitudinal del diente, logrando así sortear este problema.

- *Técnica de Rastreamiento Radiográfico Tri-angular: (13)*

Principalmente conocida como Técnica de Bramante, por haber sido descrita en 1980 por los endodoncistas Clovis Bramante y Alceu Berbert de la Universidad de Sao Paulo en Brasil. Se basa en la Técnica de Clark. Y se usa para determinar la posición exacta de resorciones óseas, curvaturas radiculares y errores causados por iatrogenias durante el tratamiento endodóntico: escalones, creación de falsas vías y perforaciones radiculares. El principio de esta técnica está en que la visualización de curvas o defectos resulta imposible cuando se superponen al espacio del conducto radicular y al espesor de la raíz dentaria (23).

Para su aplicación, el odontólogo debe obtener tres radiografías de la zona de interés: una ortorradial, una distorradial y una mesiorradial. Para interpretar la información obtenida de las tres radiografías de forma correcta, es necesario dibujar un diagrama para cada imagen radiográfica, representando de esta manera un corte transversal de la raíz dentaria a nivel de la curvatura, perforación, resorción o defecto. El círculo externo y más grande representa la superficie externa de la raíz y el pequeño e interno al conducto radicular. Este diagrama es dividido por dos líneas perpendiculares entre sí: una que lo divide en vestibular y lingual o palatino y otra que lo divide en mesial y distal. Esta división permite observar cuatro cuadrantes: mesiovestibular, distovestibular, mesiolingual y distolingual. Por lo que se utiliza un diagrama para cada proyección. En el caso de la radiografía ortorradial, el haz de radiación incide de manera perpendicular

sobre el diente y la película en dirección vestibulo-lingual o palatino en la imagen resultante, se superpone lo ubicado en vestibular y lingual o palatino al espesor de la raíz dentaria y al espacio del conducto radicular (14)

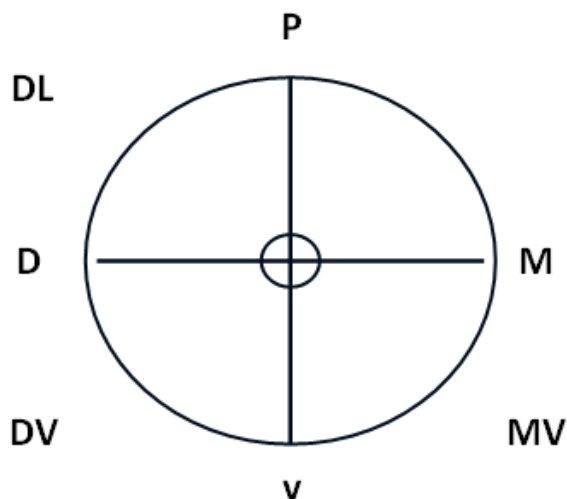


Figura 5 Plano de Técnica de Bramante.

Por lo tanto, una proyección mesiorradial superpone los cuadrantes mesiovestibular y distolingual y una distorradial superpone los cuadrantes distovestibular y mesiolingual. (15)

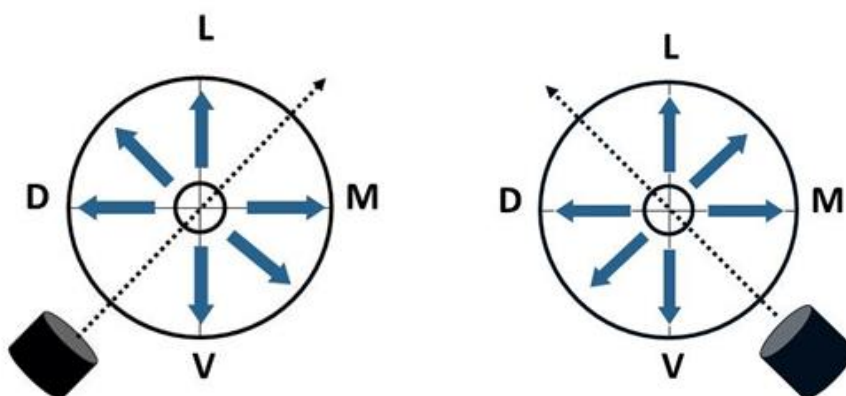


Figura 6 Toma distal y mesial del colimador en la Técnica de Bramante (13)

- *La Ley de Cieszynski (1907) o Ley de la Isometría:*

El haz de rayos debe quedar orientado perpendicular a la bisectriz formada por el eje mayor del diente y la película pasando por el ápice de la pieza dentaria, para que así el resultado radiográfico presente las mismas proporciones del objeto radiografiado.

## **1.5 Imagen Digital**

La imagen digital ha sido un gran avance en la radiología. Nos permite la adquisición, manipulación, almacenamiento, recuperación y transmisión de imágenes en un formato digital.

### **1.5.1 Imagen Digital Directa:**

La captación de la imagen expuesta a los rayos X es de la misma manera que en la radiografía convencional, sólo que la retención de la información se hace por medio de un sensor que contiene un área activa con elementos llamados pixeles.

## **1.6 Uso de imagenología en estudios endodónticos**

Las radiografías dentales son un tipo de imagen de los dientes y la cavidad oral. Los rayos X son una forma de radiación electromagnética de alta energía y penetran el cuerpo para formar una imagen en una película o en una pantalla. Las radiografías pueden tomarse de manera digital o en una película. (16)

Hace un par de décadas las herramientas estándar para el diagnóstico y plan de tratamiento en odontología eran las imagenológicas conocidas como radiografías bidimensionales, que conocemos como las “tradicionales”, destacándose las radiografías periapicales y las ortopantomografías. Dada su fidelidad en la imagen, el estudio de investigación odontológica ha recurrido a estas técnicas para crear comparaciones y similitudes en imágenes que brinden resultados al momento de observar formas de trabajar de distintos instrumentos. (17)

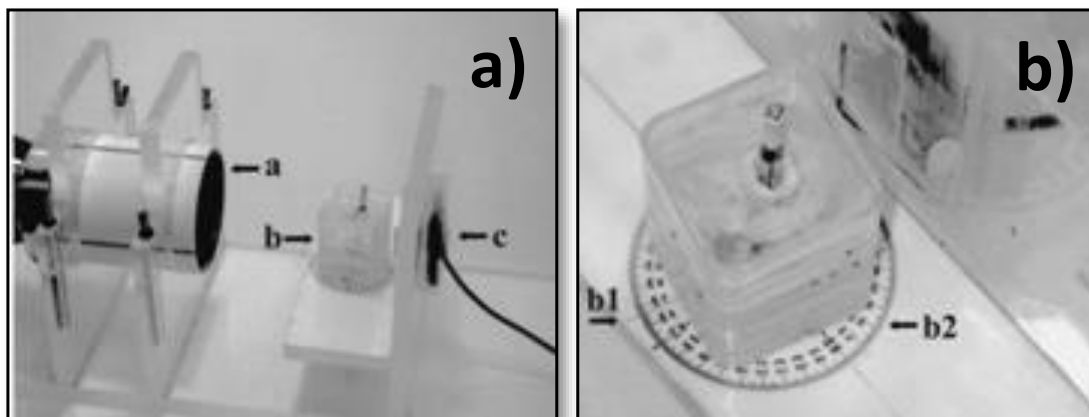
La imagen bidimensional digital es la modalidad de elección para obtener imágenes cefalométricas, laterales o para identificar esqueleto por lo tanto es considerada una herramienta de confianza para las investigaciones donde se involucra la evaluación a través de una imagen. (18)

La radiografía digital genera puntos de referencia con precisión y consistentemente es importante en el diagnóstico y tratamiento. Con el advenimiento de la era de la computadora y la tecnología en constante cambio, nuevos métodos para obtener imágenes radiográficas han surgido. (18) Los defensores de la adquisición digital citan(19) numerosas ventajas, incluida la identificación mejorada de puntos de referencia a través de técnicas de mejora de imágenes, obtención de datos más rápidos, así como la adquisición y análisis, almacenamiento y archivos más eficientes, transferencia más fácil de la imagen a sitios distantes, y duplicación fácil y rentable de radiografías.

A través de la tecnología de transmisión de imágenes almacenadas mediante el uso de placas recubiertas de fósforo se ha logrado obtener resultados favorables. Ambas técnicas requieren dispositivos actualmente costosos. Las radiografías pueden ser fácilmente escaneadas a un formato digital utilizando un escáner o sensor económico y de calidad para el operador equipado con un adaptador de transparencia. Hay varios programas de computadora disponibles para capturar radiografías digitalmente y realizar muchas funciones. (20)

Sin embargo, las mediciones basadas en radiografías convencionales o la radiografía digital con frecuencia implican proyección y errores de aumento resultantes de representaciones en 2D de estructuras tridimensionales. Las proyecciones de aumento de objetos es el resultado de variar la distancia entre estructuras individuales y la película o sensor. Es por esto que Maggiore en 1994 (16) prueba la obtención de imágenes por medio de un dispositivo donde la distancia, angulación o dirección en la toma de radiografía siempre pueda aportar el mismo resultado al no variar las condiciones en las que cada imagen es adquirida.

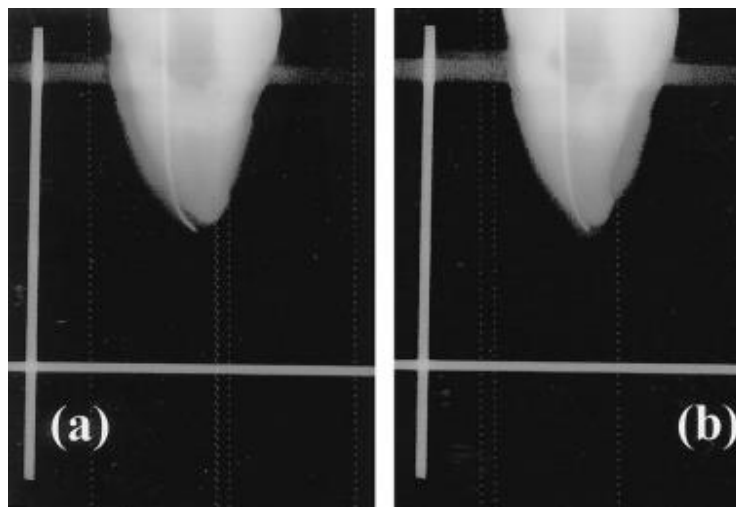
El siguiente aditamento es el ejemplo más cercano que Iqbal y cols., (16) imitaron del dispositivo de Maggiore;(21) pero en este caso adaptaron una base giratoria para tener registrada la angulación en la que cada muestra era adquirida (**Figura 7**).



**Figura 7** Dispositivo creado por Iqbal, basándose en la Técnica de Maggiore. a) Colimador montado en dirección de la mufla y b) Mufla ajustable con base giratoria (16)

El diente estaba montado en la caja de plástico, que estaba colocado en la parte superior del plato giratorio. Se tomaron una serie de radiografías, cada vez girando gradualmente el plato giratorio hasta que la lima en el conducto radicular apareció directamente en la radiografía. El plato giratorio se rotó 90 grados para revelar la curvatura máxima del conducto radicular y se obtuvo una radiografía del diente pre y post operatoria.





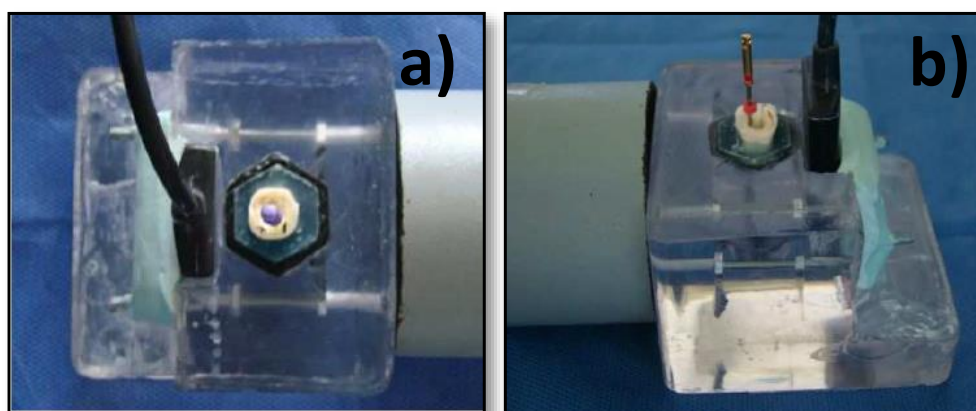
**Figura 8** Imágenes del aditamento de Iqbal a) Vista proximal de muestra con lima B) Vista axial de la muestra (16)

Realmente puede identificar el plano de máximo curvatura del conducto y establecerlo perpendicular al haz de rayos X. Las radiografías de los conductos radiculares tomadas antes y después de la preparación podrían analizarse con la ayuda del software CAD/CAM, con precisión y exactitud, sin embargo se considera que la elección del software debe ser evaluada principalmente por el operador. Así, el propósito del estudio de Maggiore (16) que para comparar el transporte apical y la pérdida de longitud de trabajo causada por cuatro secuencias diferentes de instrumentación giratoria de Ni-Ti y describe el uso de una nueva técnica radiográfica para analizar la eficacia de las técnicas de instrumentación.

La técnica de Maggiore,(21) tiene muchas ventajas sobre el método radiográfico de doble exposición normalmente utilizado para evaluar técnicas de instrumentación. El método radiográfico de doble exposición mide el transporte apical y otros parámetros mediante la comparación pre y postoperatoria. Por lo tanto, según lo mostrado por Maggiore, el ángulo de incidencia de rayos X no puede mantenerse perpendicular al plano de máxima curvatura del conducto radicular. En cualquier otro ángulo de incidencia, la curvatura del conducto radicular se distorsionará y no reflejará el verdadero transporte del conducto.

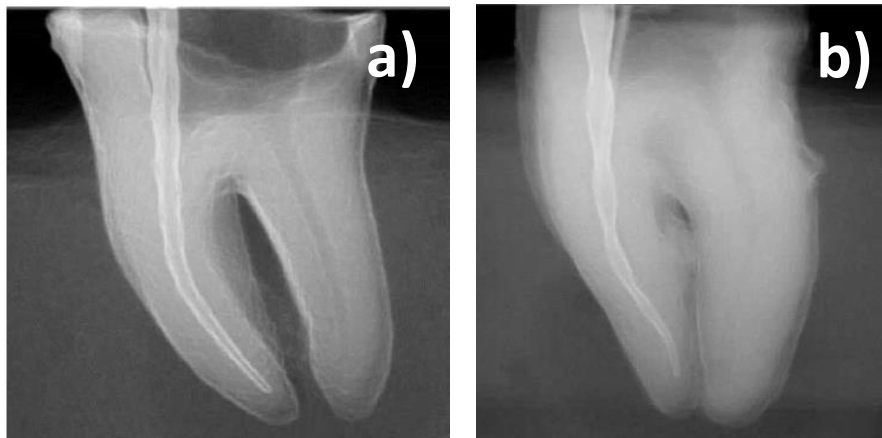
La técnica de Maggiore(21) también nos permite hacer cualquier evaluación en cuanto a transporte apical o pérdida de longitud se refiera. Medido con esta técnica está mucho más cerca de la realidad. Adicionalmente la técnica simplifica el procedimiento de medición al evaluar una vista radiográfica en lugar de las dos requeridas por el método de doble exposición. Sin embargo, el uso de esta técnica no es indicado en los conductos radiculares que exhiben curvaturas dobles.

En un método similar García- Sanz y col.,(22) realizaron un estudio modificando la técnica de Bramante(13) en donde hacen comparaciones pre y post instrumentación, en este caso no utilizan una platina giratoria si no que apuestan por la similitud de imágenes generadas por una base fija, donde los dientes fueron montados en una mufla con acrílico auto polimerizable (**Figura 9**) (23).



**Figura 9** Dispositivo creado por García Sanz, basando parámetros de Maggiore e Iqbal. a) Vista superior y b) Vista lateral (23)

En ninguno de los 60 casos se presentaron perforaciones, desplazamientos, escalones en los conductos radiculares. Al aplicar la prueba estadística (diferencia de medias), se apreció diferencias significativas en la comparación entre el promedio del ángulo inicial y final, tanto en el sistema Mtwo como el sistema Protaper, así como en la diferencia que hubo entre ambos sistemas



**Figura 10** Imágenes del prototipo de García Sanz

Los resultados y la apreciación práctica de su utilización, mostró que ambos sistemas son útiles y confiables para conformar los conductos radiculares curvos. De esta manera, se estableció como un método confiable para la toma de imágenes en evaluaciones de conformación radicular.

## **1.7 Determinación del grado de curvatura**

### **1.7.1 Método de Schneider**

El método de Schneider(24) es la técnica principal utilizada para medir la angulación del conducto. La capacidad de imagen producida por aditamentos como el de Iqbal, nos puede brindar una imagen completa de la pieza a evaluar, tomando así sus dimensiones y parámetros para trazar las líneas imaginarias y coincidir con su angulación.

Selección de muestras siguiendo la metodología establecida por Schneider (24) (25)(**Figura 11**):

- i. Trazar un punto a mitad de la lima a nivel de la entrada del conducto.
- ii. Trazar una línea hasta un punto imaginario donde la lima se desvíe del plano.
- iii. Un tercer punto es colocado a nivel apical y una línea es trazada del segundo punto a este.

- iv. El ángulo medido entre la intersección de las líneas representa la curvatura del conducto. Donde un ángulo mayor o igual a 5 se considera una curvatura leve; entre 10 y 20° una curvatura moderada y un ángulo mayor a 25° una curvatura severa.

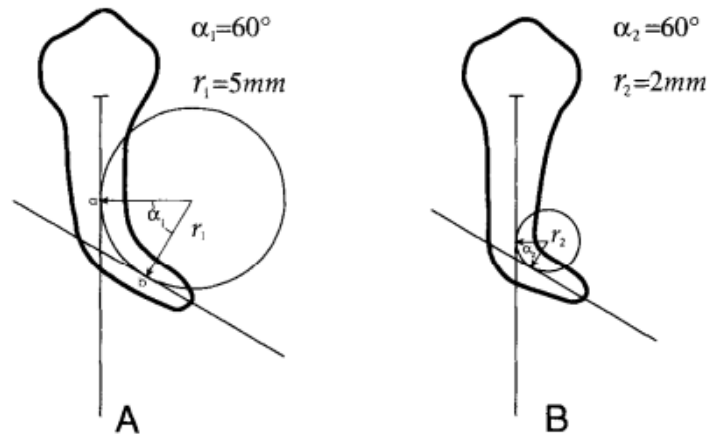


Figura 11 metodología establecida por Schneider (24)

Otro Método para evaluar la curvatura es obtener una imagen de la pieza, esta debe transmitirse hacia el programa de selección para trazar las líneas correspondientes. Al utilizar un software que permita digitalizar la imagen obtenida y trazar puntos geométricos imaginarios encima de la captura, podremos manipular los ángulos de la imagen y medir el grado de curvatura sin necesidad de trazados, como se realizaba anteriormente. En este caso fue utilizado el programa AutoCad ® (AutoDesk) donde se trabaja por bloque

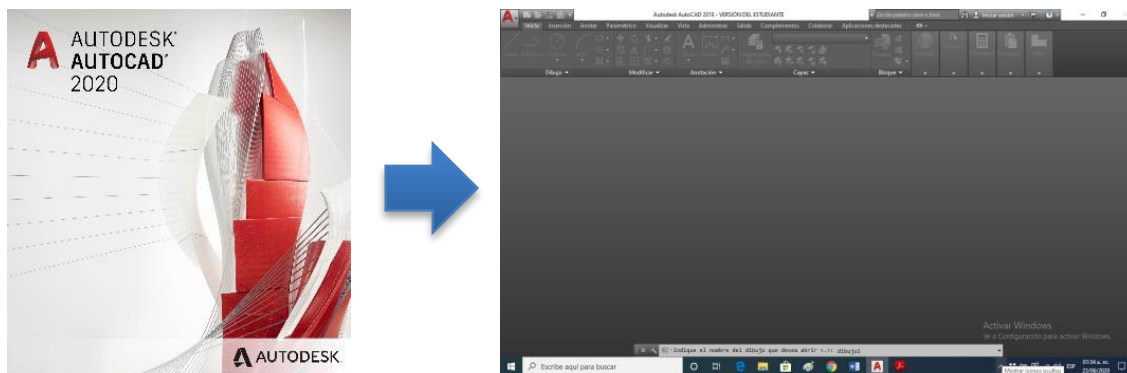
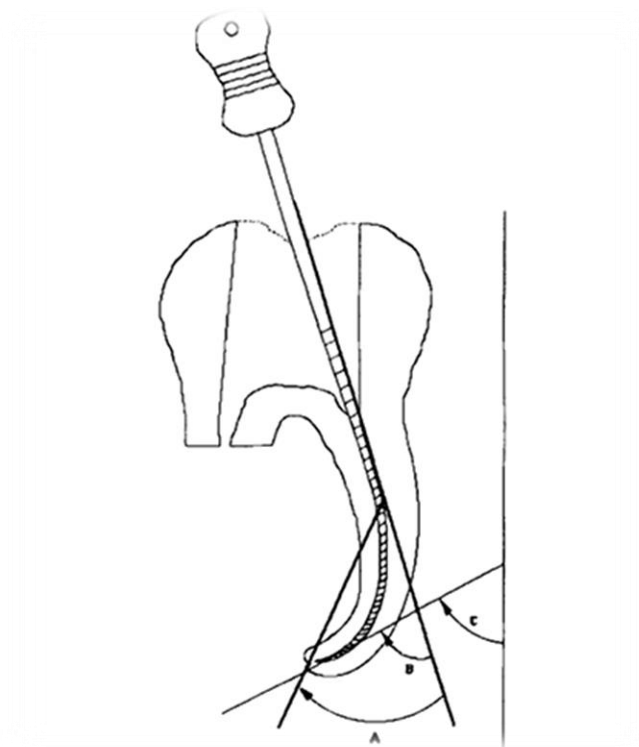


Figura 12 programa AutoCad ® (Pagina oficial)

Un bloque en AutoCad es un conjunto de objetos agrupados como un todo. Es decir, que podemos dibujar líneas, arcos, círculos y objetos tridimensionales y juntarlos a todos bajo un mismo nombre y punto de inserción.

### 1.7.2 Método de Weine

Por otra parte, con un método distinto, Weine(4) se refirió a un método alternativo para determinar la angulación de la raíz. Una línea recta se dibuja desde el orificio a través de la porción coronal de la curva y una segunda línea dibujada desde el vértice a través de la porción apical de la curva. Hankis(26) en su estudio menciona una tercera alternativa la cual se denomina LAT(long-axis technique).(27) Esta técnica fue desarrollada en un intento de medir con mayor precisión la curvatura en la porción apical del conducto, incluso como la porción coronal se endereza debido a la instrumentación. El agrandamiento de la parte coronal afecta directamente las técnicas de Schneider y Weine.



**Figura 13** Métodos para la determinación de la curvatura. A) Técnica de Schneider, B) Técnica de Weine y C) LAT.(26)

Se proyectan radiografías sobre una superficie con un aumento de 12x. Se hacen trazados de la lima, el ápice de la raíz y el piso pulpar. Para el trazado pre operatorio, se dibuja una línea que representa el eje longitudinal del diente.(27)

Los trazados del ápice de la raíz y el piso pulpar son utilizados para realinear los trazados de las radiografías pre y post instrumentadas para que la misma línea del eje largo se pueda utilizar en todo el estudio para cada diente. La medición de la angulación del conducto con el LAT implica dibujar una línea que pasa por el tercio apical de la lima. El ángulo formado por la intersección de esa línea con el eje longitudinal del diente se mide.(26)



**Figura 14** Imágenes utilizadas por primera vez para el método de Schneider (24)

## **2 JUSTIFICACIÓN**

El estudio de la anatomía macroscópica de la piezas dentarias no es fácil, se sabe que solo el 3% de los dientes son rectos y que el 97% presentan curvaturas que pueden ser de 10° hasta 45° aproximadamente o más, lo cual afecta también de manera importante el radio del conducto. Ahora bien, si se piensa en que existen un sinnúmero de investigaciones en donde estos dos puntos deben considerarse de forma importante.

La evaluación de la instrumentación del conducto radicular, la cual es necesaria para determinar en qué medida los objetivos de la preparación del conducto radicular pueden ser alcanzados, y para medir los efectos indeseables que los instrumentos utilizados para la preparación del conducto pueden producir. O bien trabajo en donde la incapacidad de proporcionar un análisis comparativo preciso entre las características previas y posteriores a la instrumentación del mismo conducto radicular es un inconveniente importante en la evaluación de la preparación del conducto. E Incluso aquellas investigaciones en donde se quiere determinar que los instrumentos endodónticos no cambien el centrado del conducto radicular o no causen accidentes como escalones, transportaciones o zip.

Para todo lo anterior es importante contar con un método que permita medir y determinar la curvatura y radio del conducto radicular en forma tan objetiva como sea posible, permitiendo así que dichas variables estén controladas en cada Investigación.

Existen métodos convencionales por llamarlos de alguna manera y hoy en día contamos con métodos digitales, motivo por el cual este trabajo pretende establecer cuál de ellos no proporciona la mejor certeza para establecer el grado de curvatura y radio de las piezas dentarias

### **2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál método de evaluación para determinar la curvatura y radio del conducto radicular será mejor uno convencional o digitalizado?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Determinar cuál método (convencional o digital) es mejor para determinar el grado de curvatura y radio en piezas dentarias.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Construir un sistema basado en la técnica de Maggiore que permita obtener imágenes estables y reproducibles.
- Tomar radiografías de raíces mesiales molares inferiores.
- Evaluar el ángulo de curvatura que presentan las piezas dentales Mediante el método de Schneider
- Evaluar el radio que presentan las piezas dentales Mediante el método de Schneider
- Evaluar el ángulo de curvatura que presentan las piezas dentales mediante el Auto Cad.
- Evaluar el radio que presentan las piezas dentales mediante el Auto Cad

### **4 HIPÓTESIS**

- Hi: El método con Auto Cad permite establecer mejor ángulo y radios en las piezas dentales que el método de Schneider
- Ho: El método con Auto Cad no permite establecer mejor ángulo y radios en las piezas dentales que el método de Schneider



## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Lugar de realización:**

- Fue realizado en la pre-clínica de la Maestría en Endodoncia de la Facultad de Estomatología, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

### **5.2 Consideraciones éticas**

Proyecto aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con clave CEI-FE-037-019.

Los residuos biológicos fueron manejados de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, la cual establece la clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, así como las especificaciones para su manejo, mismo que fue elaborado de manera conjunta con la Secretaria de Salud a cargo de la planta incineradora de residuos biológicos infecciosos, S.A. de C.V.; NOM-052-SEMARNAT-1993.

### **5.3 Diseño de estudio:**

- Analítico, Prospectivo, transversal

### **5.4 Criterios de selección**

#### **5.4.1 Criterios de Inclusión:**

- Raíces mesiales molares inferiores.
- Raíces con ápices completamente formados.

#### **5.4.2 Criterios de Exclusión:**

- Piezas dentales que presenten raíces dañadas o incompletas.
- Piezas dentales con conductos calcificados o sin conducto aparentemente tratados.

## 5.5 Definición conceptual y operacional de las variables

### 5.5.1 Variables Independientes

#### a) *Técnica de medición:*

- **Método de Schneider (definición conceptual):** técnica desarrollada en 1971 para determinar el grado de curvatura que puede presentar una raíz radicular basada en trazos y toma de ángulo.
- **Técnica de Schneider (definición operacional):** Una vez obtenida la imagen se debe trazar un punto a mitad de la lima a nivel de la entrada del conducto después se traza una línea hasta un punto imaginario donde la lima se desvíe del plano; un tercer punto es colocado a nivel apical y una línea es trazada del segundo punto a este, por último, el ángulo medido entre la intersección de las líneas representa la curvatura del conducto.
- **Escala de medición:** Continua.
- **Autocad (definición conceptual):** Es un software de diseño asistido por computadora (CAD) en el cual se apoyan para crear dibujos precisos en 2D. Crea, anota y edita geometría, modelos con sólidos, superficies y objetos. Automatiza tareas tales como comparar dibujos, agregar bloques, crear planificaciones y muchas más.
- **Autocad (definición operacional):** Software utilizado para realizar trazos por encima de las imágenes logrando posicionar cada uno de los puntos de trayectoria y realizar cálculo de dimensiones a partir de estos. Sus funciones van desde calcular dimensiones, longitudes hasta crear visualizaciones en planos.
- **Escala de medición:** Continua.

## 5.5.2 Variables dependientes

### a) *Ángulo*

- **Definición conceptual:** Porción indefinida de plano limitada por dos líneas que parten de un mismo punto o por dos planos que parten de una misma línea y cuya abertura puede medirse en grados.
- **Definición operacional:** Medición del grado de curvatura de la raíz de las piezas dentales, delimitada por trazos geométricos superpuestos en imagen digital, asistido por software 2D.
- **Escala de medición:** Continúa de razón.

### b) *Radio*

- **Definición conceptual:** Es una línea recta que va del centro del círculo a cualquier punto de su circunferencia o perímetro.
- **Definición operacional:** Medición del segmento que une de cualquier parte de la orilla del círculo hacia el centro.
- **Escala de medición:** Continua de razón

## 5.6 Número de muestra

Para determinar el número de muestras (n), se utilizó la fórmula de variable principal cuantitativa de una población finita:

$$n = \frac{NZ^2S^2}{d^2(N-1) + Z^2S^2}$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{(20)(1.645)^2(5.01)^2}{(0.05)^2(19) + (1.645)^2(5.01)^2}$$

$n = 19.9300 = 20$

## **5.7 Aleatorización de los datos**

Para la aleatorización de las muestras se empleó el método al azar con asignación numérica.

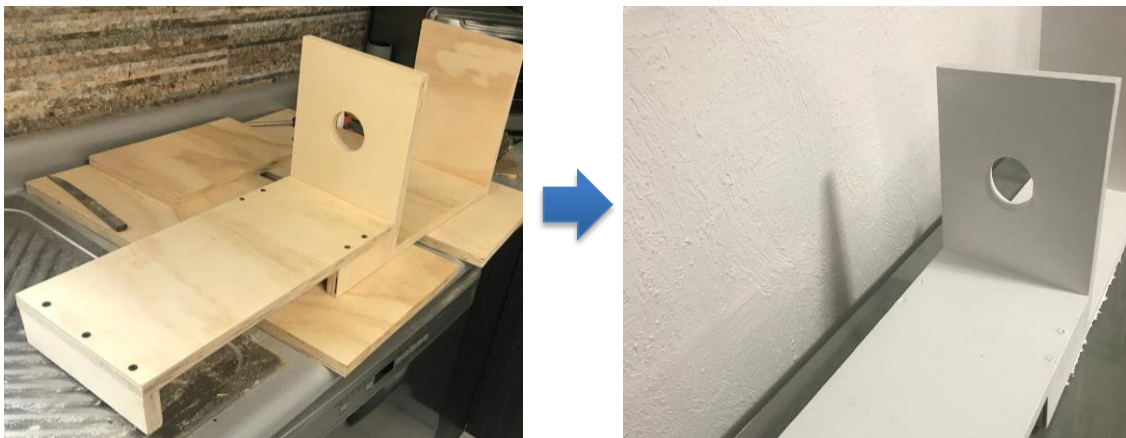
## **5.8 Análisis Estadístico**

Los resultados se analizaron con el programa Minitab (2017) para determinar los parámetros descriptivos de cada uno de los datos. Posteriormente se utilizó el programa R, donde se programó para determinar el coeficiente de correlación intraclase (ICC), con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## 6 Metodología Experimental

### 6.1 Fase 1: Elaboración del dispositivo

La elaboración del dispositivo nos permitió tomar radiografías digitales, bajo los mismos parámetros, proporcionando una estabilidad en el momento de la manipulación y reproducción fidedigna de las imágenes tomadas en la misma posición. Para ello, se construyó un aditamento basado en la técnica de Maggiore(21) mostrado por Iqbal,(16) buscando principalmente la estabilidad en el colimador y la dirección a su posición al colocar una base fija; lo cual nos permitió colocar las muestras intercambiando su molde para permitir la toma de imágenes de distintas piezas. Una vez ajustada la altura y posición del colimador se colocó la base para colocar las muestras.



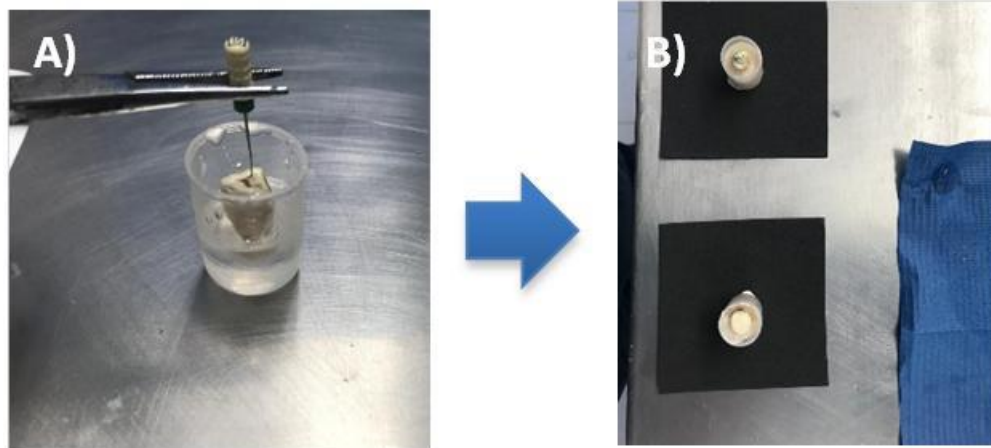
**Figura 15** Base del dispositivo, adaptando a una de las paredes la circunferencia del colimador 3 Pulgadas, se buscaba dejar la altura para el colimador de manera que pudiera sostenerse y mantener así una posición fija

Una vez posicionada la altura a donde se dirigiría el colimador se procedió a ajustar la altura de la base, haciendo pruebas preliminares para que la dirección, distancia y angulación fuera la correcta una vez que se colocaran las muestras. Por lo que se dimensionó la altura de las muestras según la circunferencia del colimador y se ajustó la altura de la base (**Figura 16**).



**Figura 16** Prueba de altura, para fijar la base en una posición en donde la imagen generada no presente distorsión.

Posteriormente cada una de las piezas se estabilizó en un cubo de resina cristal fijada sobre una capa de desmoldante para facilitar la manipulación. Todas presentaban la misma dimensión de la base de manera que al ser colocada para tomar una imagen post operatoria la posición fuera similar (**Figura 17**).



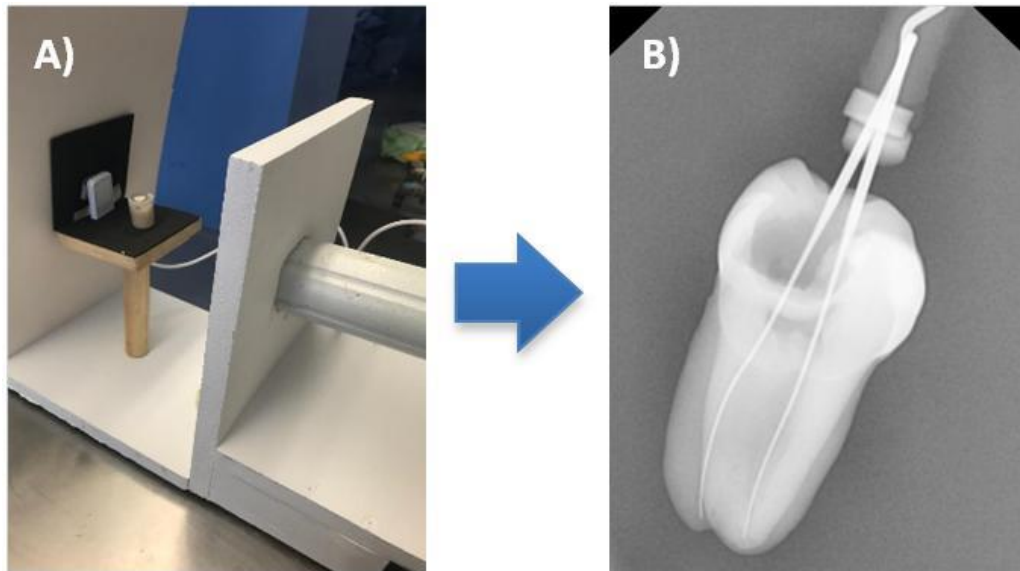
**Figura 17** A) Las piezas dentales son colocadas en resina cristal, y B) Las piezas son posicionadas en bases desplegables. Como se observa en la imagen son posicionadas en bases (cuadros negros) las cuales son desplegables y mantienen las mismas dimensiones que la mufla donde se montan.

Una vez posicionados en la resina, se colocaron en sus bases las cuales presentaban las mismas dimensiones que la mufla la cual se ajustó una vez que se ensamblaron. Las primeras pruebas mostraron imágenes irregulares y mal enfoque por lo que la posición del sensor tuvo que recorrerse y quedar justo por detrás de la muestra.



**Figura 18** Muestra colocada a los parámetros establecidos, colimador instalado. Una vez colocado de esta forma puede iniciarse la captura de imágenes en las mismas posiciones tal como se muestra.

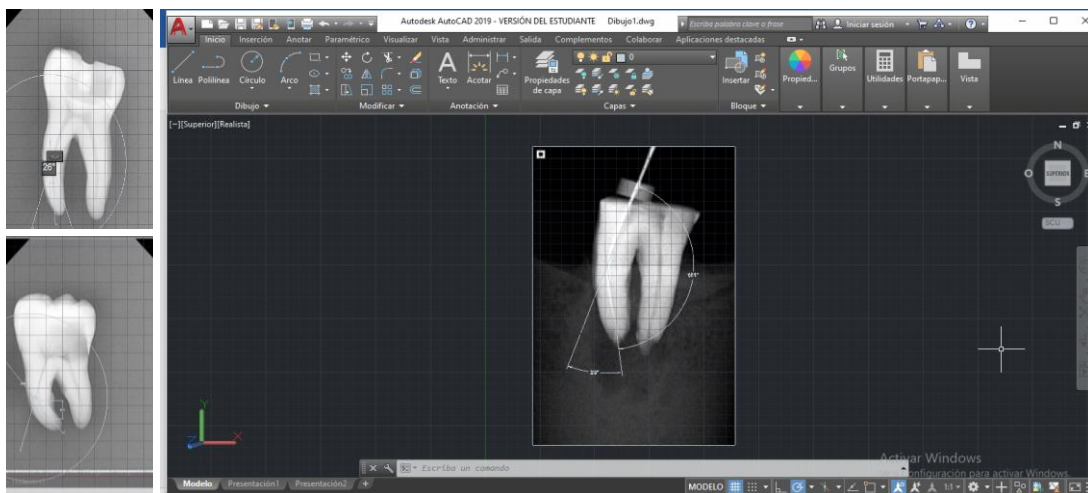
Se comenzaron a realizar pruebas para ajustar la imagen y la radiación la cual siempre se manejó bajo una exposición de 0.63s. Se ajustaron las primeras bases para obtener imágenes. Y una vez ajustado el sensor y obteniendo las primeras imágenes se comprobó la estabilidad tomando las radiografías y en esta ocasión utilizando limas para poder ubicar de mejor manera la curvatura de las piezas estudiadas.



**Figura 19** Dispositivo instalado, A) Toma previa de imagen (se muestra la manera en la que se acomodan las muestras para obtener la imagen) y B) Muestra de la imagen obtenida.

## 6.2 Fase 2: Toma de imágenes y análisis de curvaturas y radios

Una vez estabilizada la dirección de las muestras se optó por comenzar a tomar las imágenes y se procedió a obtener los grados de las curvaturas, así como el radio utilizando el software Autocad® 2019 (Autodesk)(**Figura 20**).

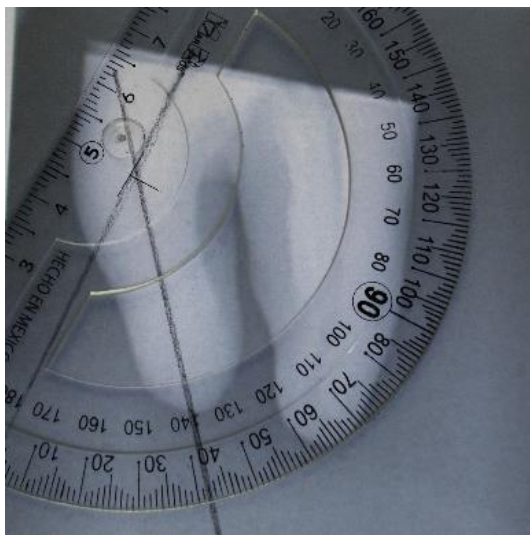


**Figura 20** Bloque principal a donde se exporta la imagen. En este panel se comienzan a realizar los trazos que nos dará el ángulo a medir utilizando el software Autocad ® 2019.



Posteriormente se observó que las imágenes tenían buena definición, que la resina no bloqueaba zonas de las raíces donde se intentaba medir y la reproducción de las mismas. Para ello, varias radiografías de una misma muestra fueron tomadas para validar que presentaran completa similitud.

De igual manera se tomaron nuevamente las 20 radiografías con las condiciones anteriormente señaladas, pero ahora para realizar los trazos con la técnica de Schneider. Para la toma de los ángulos se realizaron trazos sobre puestos en las radiografías, utilizando papel encerado se crearon trazos ubicados como según el método lo indica, en este caso, iniciando con la entrada del conducto asimilando que es la posición de la lima y conduciéndose hacia la misma dirección y otra línea trazada desde la parte apical que se dirija hasta hacer interferencia con la primera línea.



**Figura 21** Técnica de Schneider (Toma de ángulo de modo manual siguiendo los pasos que la misma técnica indica)

Por otro lado el Método de Estrela(25) se utilizó para determinar el radio de curvatura, para ello se baso en los trazos que la técnica indica, creando dos líneas una en dirección de la entrada del conducto y otra desde la parte apical (6 mm cada una), y posteriormente se forma la circunferencia y se determinó a distancia entre la circunferencia y el centro de cada una de las radiografías.

## 7 RESULTADOS EXPERIMENTALES

Una vez realizadas las radiografías digitales, la evaluación de los grados del ángulo de curvatura y el radio con las técnicas propuestas se muestra en la **Tabla 1**.

**Tabla 1** Datos obtenidos mediante métodos manuales y digitales.

MUESTRA	Ángulo [°]		Radio [mm]	
	AUTOCAD	SCHNEIDER	AUTOCAD	ESTRELA
<b>M1</b>	37	37	3.2	3
<b>M2</b>	26	28	4.2	3.8
<b>M3</b>	27	27	3.3	2.9
<b>M4</b>	51	50	2.1	2.1
<b>M5</b>	17	17	5.6	5.6
<b>M6</b>	34	34	5.4	5.1
<b>M7</b>	20	20	3.3	3
<b>M8</b>	20	19	4	3.3
<b>M9</b>	24	24	3.1	2.7
<b>M10</b>	29	29	3.1	2.9
<b>M11</b>	28	28	3.3	3
<b>M12</b>	27	27	3.3	3
<b>M13</b>	17	17	4.8	4.7
<b>M14</b>	29	28	4.1	4
<b>M15</b>	32	33	3.8	3.6
<b>M16</b>	21	22	5.4	5.2
<b>M17</b>	18	18	5.8	5.5
<b>M18</b>	41	41	2.7	2.3
<b>M19</b>	27	27	4	3.3
<b>M20</b>	28	28	4.1	3.9

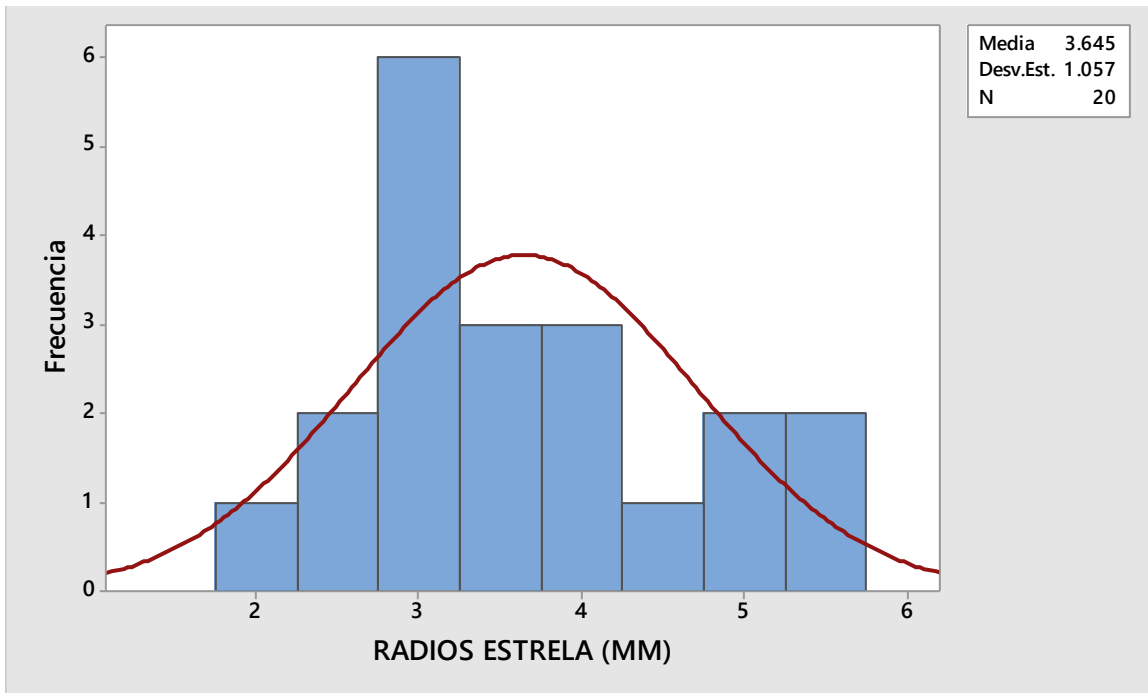
Posteriormente las mediciones fueron analizadas mediante estadística descriptiva, utilizando el programa Minitab 17. Los resultados de la media y desviación estándar pueden ser apreciados en la **Tabla 2**.

**Tabla 2** Análisis Estadísticos descriptivos.

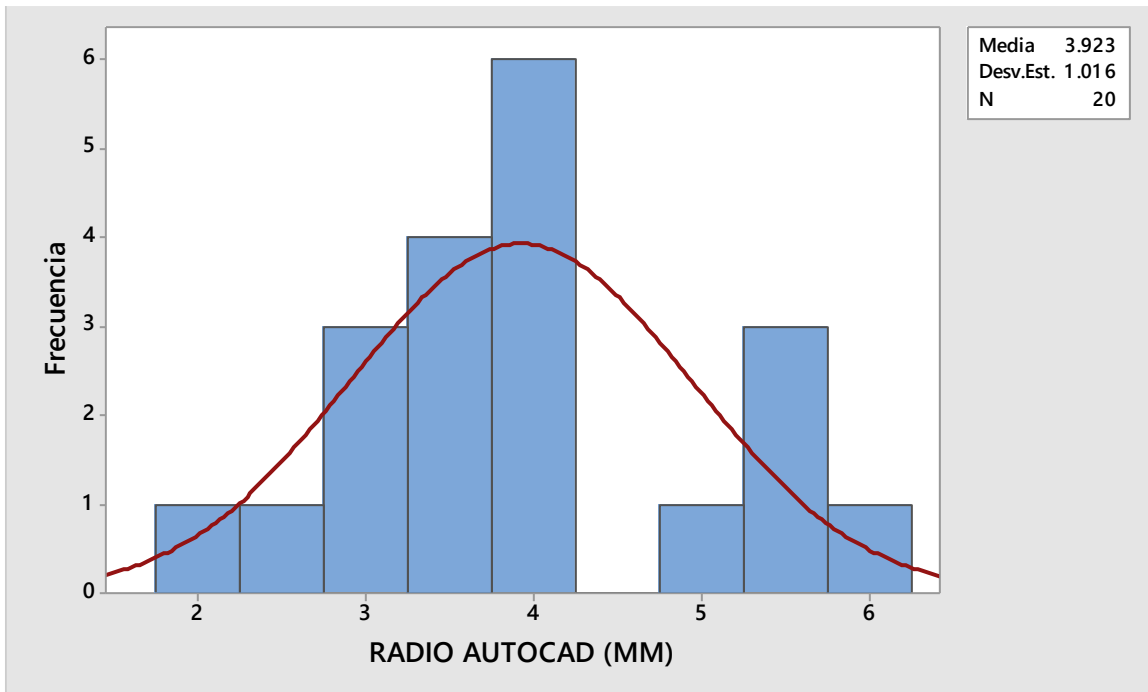
Variable	Media	Des. Est.	Varianza
ANG. AUTOCAD	27.65	8.50	72.24
ANG. SCHNEIDER	27.70	8.39	70.33
RADIO AUTOCAD	3.923	1.016	1.033
RADIOS ESTRELA	3.645	1.057	1.117

Cada uno de los parámetros evaluados en este estudio fueron: grados de ángulo y radio de la curvatura radicular presentando similitudes en su media, entre el método de toma de ángulo por medio de AutoCAD se presentó una desviación estándar de 8.50 y uno de 8.39 para la técnica de Schneider. Las técnicas utilizadas para obtener el radio presentaron una desviación estándar de 1.016 para técnica AutoCAD y 1.057 para la técnica de Estrela.

Posteriormente en las **Figura 22-25** se presentan los histogramas. En donde se representaron los valores de las variables, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. La mayor incidencia para los valores de los radios de las curvaturas que se encontraron fue de 3mm evaluados con el método de Estrela y de 4mm representados con el método de medición de AutoCAD. La mayor incidencia del grado de curvatura fue de 20-30° con una media de 27.7 por medio del método de Schneider y en la medición con AutoCAD resultó una media de 27.65.



**Figura 22** Histograma (con curva normal) de Radios Estrela (mm).



**Figura 23** Histograma (con curva normal) de Radios AutoCAD® (mm).

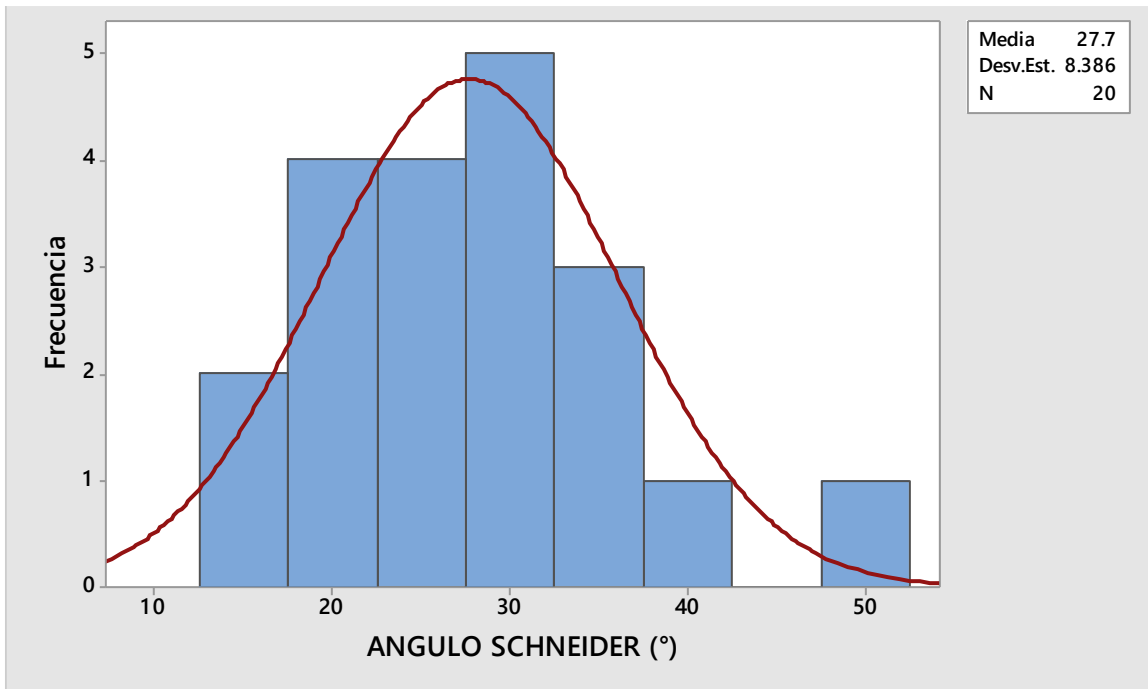


Figura 24 Histograma (con curva normal) de ángulos Schneider (°).

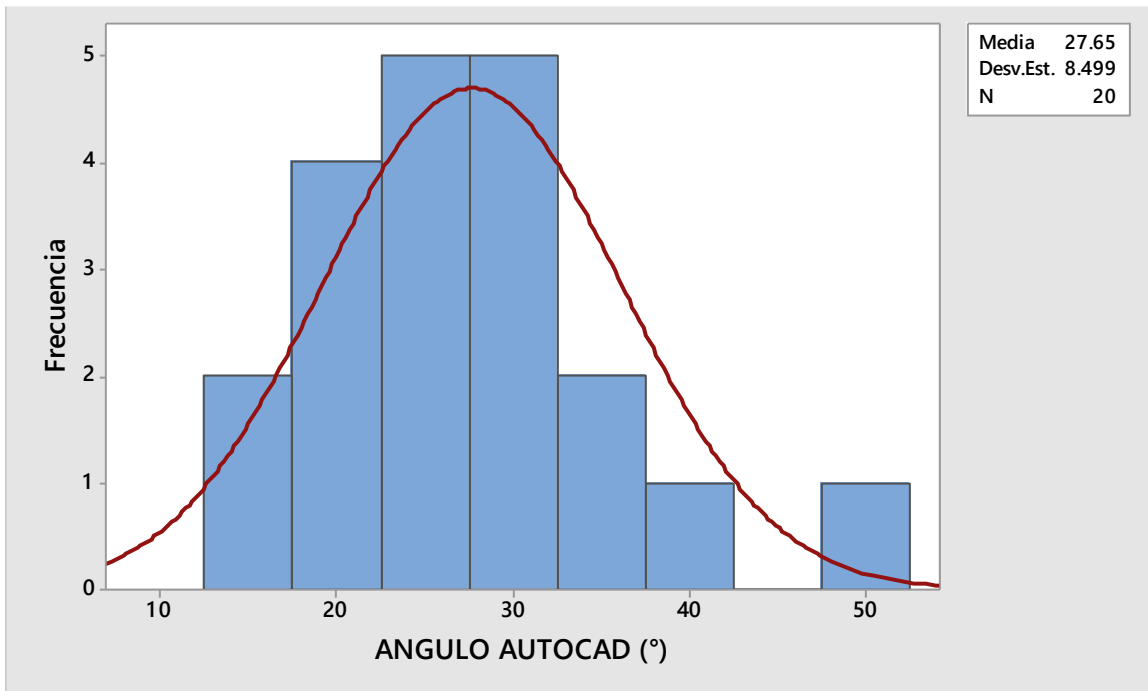


Figura 25 Histograma (con curva normal) de ángulos AutoCAD® (°).

Posteriormente y una vez que se obtuvo el análisis por medio de Minitab (2017), se optó por medir la concordancia entre los distintos valores que se obtuvieron de las diferentes evaluaciones, con la finalidad de evaluar la hipótesis. Para ello se procedió a utilizar el **Software R**, el cual es una herramienta muy flexible que pueden ampliarse fácilmente mediante paquetes, librerías o definiendo nuestras propias funciones. Además de ser un software gratuito y de código abierto. En donde se programo el siguiente código, utilizando la paquetería “irr” (**Tabla 3**).

**Tabla 3** Código para el análisis de CCI (Software R).

---

```
#####Coeficiente de Correlación Intraclase
### Paso 0. Instalamos los paquetes necesarios para el ICC
      install.packages("irr")
      install.packages("psych")
###Después de instalar por primera vez los paquetes de programación
      library("irr")
      library("psych")
### Paso1. Llamamos y manipulamos la base de datos
      setwd("C:/Users/lfjimenez/Desktop/ndvdl") ## Cambiardiectorio
      mibase <- read.csv("Meditation_Table.csv", header=TRUE, sep=",")
      str(mibase)
      names(mibase) <- c("Muestra", "Ang_Autocad","Ang_Schneider", "Rad_Autocad",
      "Rad_Estrella")
      str(mibase)
      mibase$Ang_Autocad<-as.numeric(mibase$Ang_Autocad)
      mibase$Ang_Schneider<-as.numeric(mibase$Ang_Schneider)
      str(mibase)
      mibase_ang<-mibase[,c(2,3)]
      mibase_rad<-mibase[,c(4,5)]
##### Paso 2. Estimación de los intervalos de Clases-----
###Paso 2A. PAQUETERÍA IRR
      icc()#Comando para estimar los inverlos de clases en la paqueteria "irr"
      icc(mibase_ang, model="oneway", type="consistency",      unit="single")
      icc(mibase_rad, model="oneway", type="consistency",      unit="single")
```

---

Esta prueba de coeficiente de correlación intraclase (ICC), permite determinar el grado de concordancia de las observaciones por diferentes instrumentos cuando no existe un estándar de oro. Tal y como pueden ser nuestro caso de estudio en donde se plantea ver la concordancia entre los métodos manuales y los digitales. La evaluación reportara el ICC y el grado de acuerdo con la escala propuesta por Landis y Koch. En donde se establece los siguientes parámetros(28):

**Tabla 4** Escala propuesta por Landis y Koch.(29)

Valor	Grado de Acuerdo
0	Pobre
0.01-0.20	Leve
0.21-0.40	Regular
0.41-0.60	Moderado
0.61-0.80	Substancial
0.81-1.00	Casi perfecto

Los resultados obtenidos de la corrida y comparando cada una de las variables, pueden ser apreciados en la **Tabla 5**.

**Tabla 5** Resultados de la prueba de ICC.

Paquetería	Modelo	Resultados	
		Ángulo	Radio
Irr	oneway	Single Score Intraclass	Single Score Intraclass
		CorrelationModel: oneway	Correlation Model: oneway
		Type : consistency	Type : consistency
		Subjects = 20	Subjects = 20
		Raters = 2	Raters = 2
		ICC(1) = 0.997	ICC(1) = 0.948
		F-Test, H0: r0 = 0 ; H1: r0 >	F-Test, H0: r0 = 0 ; H1: r0 >
		0F(19,20) = 633 , p = 1.01e-23	0F(19,20) = 37.5 , p = 1.19e-11
		95%-Confidence Interval for ICC	95%-Confidence Interval for ICC
		Population Values: 0.992 < ICC < 0.999	Population Values: 0.876 < ICC < 0.979

Como se puede observar en los resultados de la corrida para los datos del ángulo de curvatura, el ICC es de 0.997 con el 95% en un intervalo de 0.992 y 0.999. Y acorde con los criterios de Landis y Koch (29) es una concordancia casi perfecta, y el intervalo de confianza es pequeño e indica que el estimador de punto es confiable. Mientras que, para los resultados de la corrida del radio de curvatura, se obtuvo un ICC es de 0.948 con el 95% en un intervalo de 0.876 y 0.979. Y acorde con los criterios de Landis y Koch (29) también es una concordancia casi perfecta, además de que el intervalo de confianza es pequeño e indica que el estimador de punto es confiable.



## 8 DISCUSION

La técnica de Maggiore, como se describe el estudio de Iqbal, tiene muchas ventajas sobre el método radiográfico de doble exposición normalmente utilizado para evaluar técnicas de instrumentación. El método radiográfico de doble exposición mide el transporte apical y otros parámetros mediante la comparación pre y postoperatoria de radiografías proximales. Sin embargo, estas opciones no siempre revelan la curvatura máxima de los conductos radiculares, como fue repetidamente visto durante el mismo estudio. Por lo tanto, el ángulo de incidencia de rayos X no puede mantenerse perpendicular al plano máximo de curvatura del conducto radicular. En cualquier otro ángulo de incidencia, la curvatura del conducto radicular se distorsionará y no reflejaría el verdadero transporte del conducto. Por lo tanto, los resultados cuantitativos pueden no tener total exactitud, pero es la mayor cercanía a los resultados reales. Por lo tanto, como primer paso, es esencial que se ubique la curvatura del conducto radicular. La Técnica de Maggiore nos permite hacerlo, por lo tanto, cualquier transporte o pérdida de longitud medida con esta técnica está mucho más cerca de la realidad. Adicionalmente la técnica simplifica el procedimiento de medición al evaluar una vista radiográfica en lugar de las dos requeridas por el método de doble exposición. Sin embargo, el uso de esta técnica no es indicado en conductos radiculares que exhiben curvaturas dobles.

Distintos estudios(18) han evaluado por medio de la misma técnica que las diferentes secuencias de instrumentación utilizadas con los instrumentos rotatorios Ni-Ti producen resultados similares con un transporte mínimo y pérdida de longitud de trabajo. Del mismo modo, la cantidad de transporte apical notado en este estudio fue mínimo y los resultados se corresponden bien con otros estudios.

La fidelidad de las imágenes obtenidas por medio del aditamento nos ha permitido establecer los grados de curvatura de la raíz por medio de distintas técnicas, tales como son Schneider, Wine y LAT. (23)

La capacidad de imagen ha permitido que en distintos estudios pueda evaluarse sistemas de conformación que actúan de manera distinta, ya sea desde su conformación hasta su movimiento. Se obtuvieron reproducciones de imágenes similares, montadas en los mismos parámetros, lo cual muestra capacidad para evaluar distintos aspectos como puede ser conformación radicular, transporte apical y asignatura del grado de curvatura de la raíz. Comparando la capacidad de imagen obtenida en el estudio de García-Sanz(23) puede encontrarse similitudes en la fidelidad de imágenes que nos puede permitir de manera digital corroborar resultados por medio de un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Los parámetros respecto a distancia, radiación y posición serán sujetos a la manera en la que se diseñe el dispositivo sin embargo siempre elaborándolo de manera que se fije una sola posición del colimador, una base que no permita el movimiento del objeto a radiar y de una distancia donde el sensor o película permita reproducir en las magnitudes más cercanas de imagen, de esta manera, utilizándose en distintos estudios, como es el caso de Kum y cols.,(30) donde evalúan la capacidad de transporte por medio de la técnica de superposición de imágenes; por medio de la técnica de Maggiore es posible obtener la comparación de las imágenes sin embargo siempre que un software pueda permitir más estabilidad en resultados, manipulación de la imagen, menor número de pasos; se considerará una mejor opción; la imagen digital permite que pueda ser estudiada a detalle y esa ventaja debe ser aprovechada pues la fidelidad de las imágenes no genera riesgo mayor de error a resultados siendo así una herramienta fiable.

El cubo endodóntico (Kuttler 2004)(31) permite la comparación de las características previas y posteriores a la instrumentación, proporcionando un excelente método de evaluación de las influencias de la instrumentación del conducto. El número de secciones alcanzables y la información que cada una proporciona mejora significativamente la comprensión de la preparación del conducto radicular y su anatomía en cualquier ubicación precisa dentro del mismo. Comparando la resolución de las imágenes puede existir una diferencia significativa ya que el cubo

endodóntico secciona en distintas partes la pieza y crea un cumulo de imágenes resultando la conformación del conducto sin embargo la optimización del tiempo, la imagen capacidad de fidelidad en la reproducción de imagen hacen del aditamento un dispositivo que optimiza tiempo y puede presentarse al alcance de todos.

Varios estudios como el de Iqbal y Maggiore para la evaluación de instrumentos han utilizado los distintos métodos, obteniendo calidad en las imágenes que desarrollan sin embargo algunas técnicas prometedoras aún se encuentran en progreso.

## 9 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados se acepta la hipótesis nula, en donde el método con AutoCAD®, no permite establecer mejor el ángulo y radio en las piezas dentales que el método de Schneider.
- Sin embargo, los análisis digitales facilitan la educación para el paciente, menor tiempo de adquisición y, además, genera imágenes de mejor calidad mostrando así al profesional una mejor percepción del diagnóstico, así como al paciente una mejor imagen.

## 10 REFERENCIAS

1. Busch U. Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos X y la creación de una nueva profesión médica. Rev Argentina Radiol [Internet]. 2016;80(4):298–307.
2. Raudales Díaz I. Imágenes diagnósticas: conceptos y generalidades. Rev Fac Ciencias Médicas. 2014;35–43.
3. 18. Kuttler, Yury. FUNDAMENTOS DE ENDO-METAENDODONCIA PRACTICA. 2a ed. Ed. Méndez Oteo. México D.F. 1980. 254 pp.
4. Weine FS, Pasiewicz RA, Rice RT. Canal configuration of the mandibular second molar using a clinically oriented in vitro method. J Endod. 1988;14(5):207–13.
5. Beatriz A, Verónica M, Gloria L, José S, Rica C, Beatriz L, et al. Evaluación de la morfología radicular interna de premolares inferiores mediante la técnica de diafanización, obtenidos de una población argentina. Rev Científica Odontológica. 2016;12(1):19–27.
6. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. Aust Dent J. 2007;52(1 SUPPL.).
7. 11. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Amer 1974;8:269-296.
8. Aznar, Miguel Angel; Camejo MV. Guia para demostración de: preparacion biomecanica de los conductos radiculares. 1974;2.
9. 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* [Internet]. 2019;45(1):62–7.

10. Vorster M, van der Vyver PJ, Paleker F. Influence of Glide Path Preparation on the Canal Shaping Times of WaveOne Gold in Curved Mandibular Molar Canals. *J Endod* [Internet]. 2018;44(5):853–5.
11. Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of. *Aust Dent J*. 2014;59(1):20–8.
12. Cd KIA, Comit PADM, Ijoicr E. Utilización de imagenología bidimensional y tridimensional con fines Odontológicos. *Rev ADM*. 2012;69(3):114–9.
13. Bramante, C. M., Berbert, A., & Borges, R. P. (1987). A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *Journal of Endodontics*, 13(5), 243–245.
14. Evolución de la Imagen Médica Radiológica desde Roentgen hasta la Digitalización, Sociedad Española de radiología.
15. Bramante, C.; Berbert, A. y Bramante, F. Localización de Iatrogenias Radiculares por la Técnica de Rastreamiento Radiográfico Tri-angular.
16. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile™ and ProTaper™ NiTi rotary instruments. *Int Endod J*. 2004;37(6):359–64.
17. Gaêta-Araujo H, Fontenele RC, Nascimento EHL, Nascimento M do CC, Freitas DQ, de Oliveira-Santos C. Association between the Root Canal Configuration, Endodontic Treatment Technical Errors, and Periapical Hypodensities in Molar Teeth: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod*. 2019;45(12):1465–71.
18. Zhu Y, Gu Y, Du R, Li C. Reliability of two methods on measuring root canal curvature. *Int Chin J Dent*. 2003;3:118–21.

19. Ee J, Fayad MI, Johnson BR. Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. *J Endod* [Internet]. 2014;40(7):910–6.
20. Técnicas radiográficas periapicales :
21. 35. Maggiore F. Endodontic preparation of curved root canals using the Mac Files: evaluation using a radiographic method and computerized analysis [master's thesis]. Rome, Italy: University of Rome “Las Sapienza,” 1993-1994.
22. Chien, P., Parks, E., Eraso, F., Hartsfield, J., Roberts, W., & Ofner, S. (2009). Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three-dimensional cone beam computed tomography in vivo. *Dent*.
23. Endodoncia E De. Desviación del conducto original por el uso de los sistemas rotatorios Mtwo y Protaper. 2010;2:25–31.
24. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271–5.
25. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J*. 2008;19(2):114–8.
26. Hankins, P. J., & ElDeeb, M. E. (1996). An evaluation of the canal master, balanced-force, and step-back techniques. *Journal of Endodontics*, 22(3), 123–130.
27. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod*. 2005;31(11):796–8.
28. Coeficiente de correlación intraclase. 2014;1–8.

29. Landis J.R., Koch G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33:159-174.
30. Kum KY. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd Seung-Jong L, Chan-Young L. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endodon* 2000;26:719–23.
31. Kuttler S, Garala M, Perez R, Dorn SO. The endodontic cube: A system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *J Endod.* 2001;27(8):533–6.