



## REPORTE DE INVESTIGACIÓN TESIS

# ESTUDIO COMPARATIVO IN-VITRO DE LA PREPARACION BIOMECANICA DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES ENTRE: PROTAPER UNIVERSAL Y WAVEONE

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

Octubre de 2012

Profesor Guía: Dra. Patricia Nazar Misleh.

Estudiantes: Belen Barra Villa.

Juan Pablo Toledo López.

Paulina Torres Jerez.

## **Agradecimientos**

Dra. Patricia Nazar Misleh nuestro más profundo y sincero agradecimiento por la orientación, seguimiento y supervisión de nuestra investigación, pero sobre todo por la motivación y el apoyo incondicional. Gracias por confiar en nosotros.

Dr. Ramón Naranjo y Dra. Giglia Sirandoni por su ayuda técnica en los inicios de nuestra investigación.

Dr. Juan Onetto por compartir su experiencia y enseñarnos a utilizar la máquina de corte.

Dr. Ricardo Moreno por su grata compañía y útiles sugerencias durante el trabajo en el laboratorio.

Sr. Patricio Barra por su enorme colaboración con el procesamiento y medición de las fotografías.

Sr. Cristóbal Roco por su cooperación y profesionalismo en la parte estadística

Sr. Marco Chávez y Verónica... por su apoyo y compañía durante las jornadas de trabajo en biblioteca.

Sra. Carolina Opazo, por su disposición a colaborar en cuanto a la entrega oportuna de materiales por parte de Dentsply

Francisco, Tío Humberto, Tío José, Tío Carlos por abrirnos el laboratorio y esperarnos a cerrar.

## ÍNDICE

<b>I Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>II. Marco Teórico.....</b>	<b>7</b>
II.1 Principios de la preparación biomecánica.....	7
II.2 Objetivos de la preparación biomecánica.....	7
II.3 Problemas en la PBM.....	8
II.4 Técnicas de preparación biomecánica manuales.....	11
II.5 Irrigación.....	12
II.6 Configuración de los conductos radiculares.....	17
II.7 Anatomía endodóntica.....	20
II.8 Instrumentos de Níquel Titanio (Ni-Ti).....	25
II.9 Sistemas rotatorios Ni-Ti.....	26
II.10 Requerimientos clínicos.....	26
II.11 Sistemas de evaluación de la anatomía radicular y preparación del conducto.....	28
II.12 Sistema ProTaper Universal.....	29
II.13 Instrumentación del canal utilizando solo un instrumento rotatorio Ni.Ti.....	35
II.14 Sistema recíproco de lima única WaveOne.....	35
<b>III. Objetivos.....</b>	<b>41</b>
<b>IV. Hipótesis.....</b>	<b>41</b>
<b>V. Materiales y Métodos.....</b>	<b>42</b>
<b>VI. Análisis estadístico.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. Resultados.....</b>	<b>49</b>
<b>VIII. Discusión.....</b>	<b>55</b>
<b>IX. Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
<b>X. Sugerencias.....</b>	<b>59</b>
<b>XI. Resumen.....</b>	<b>60</b>
<b>XII Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>61</b>
<b>XII Anexos.....</b>	<b>66</b>

## I. INTRODUCCIÓN.

Estamos en la era de la tecnología que avanza a pasos de gigante, no es distinto en la Endodoncia, ya que en los últimos años ha vivido una espectacular revolución gracias a la aparición de nuevos materiales e instrumental. El resultado es mayor precisión, rapidez y una mayor tasa de éxito en los tratamientos.

Investigaciones actuales señalan que el paso más crítico en un tratamiento de endodoncia es la habilidad para limpiar y desinfectar el sistema de canales radiculares.

Dentro de la limpieza y conformación del sistema de conductos, la instrumentación mecanizada con NiTi ha sido el avance más significativo en endodoncia dentro de la última década. Estas limas han permitido al endodoncista mejorar la eficiencia del tratamiento de canales radiculares, aumentar la productividad, y mejorar el manejo de casos complejos aumentando la predictibilidad. Sin embargo, cuando estos sistemas aparecieron, generó preocupación observar que en algunos casos se producía la separación de los instrumentos o errores en la preparación de los conductos, generalmente ocasionada por el sobreuso o uso inadecuado de ellos. Una vez que el odontólogo entiende que la aleación NiTi es diferente del acero inoxidable y asimila sus complejas propiedades metalúrgicas, sólo entonces será capaz de reducir potencialmente los errores procedimentales que pueden ocurrir durante la instrumentación, incluyendo la transportación apical.

Las distintas marcas nos ofrecen cada año instrumentos nuevos, es por ello que en este trabajo de investigación compararemos dos sistemas de preparación mecanizada: WaveOne, que posee la aleación mejorada M-Wire y trabaja con un movimiento de rotación recíproco, lo que permite que en la mayoría de los casos, conformar completamente el conducto radicular con un solo instrumento v/s el sistema ProTaper Universal que trabaja con movimiento rotatorio continuo, teniendo que utilizar diferente número de limas con el mismo objetivo.

Debido a la reciente incorporación al mercado de WaveOne y escasos estudios que reporten sus ventajas en comparación a los productos ya existentes, es que se hace necesario investigar si existe realmente una diferencia entre WaveOne y ProTaper Universal en cuanto a su eficiencia en el tratamiento.

## II. MARCO TEÓRICO

### 1. Principios de la Preparación Biomecánica (PBM).

Finalizadas las etapas de apertura, limpieza de la cámara pulpar, localización y preparación de las entradas a los conductos, el diente ofrecerá las condiciones aptas para dar comienzo a la PBM.

La Preparación del sistema de conducto radicular ha sido reconocida como uno de los pasos más importantes del tratamiento de conductos (Schilder 1974). Este incluye la remoción de tejido vital como necrótico, dentina infectada y en casos de retratamiento, la remoción de obstáculos metálicos y no metálicos. El objetivo es preparar el espacio suficiente para facilitar la desinfección a través de irrigantes y medicamentos. La PBM, constituida por un conjunto de procedimientos mecánicos (preparación mecánica) y con el auxilio de productos químicos (irrigación), tiene por finalidad limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular. La Instrumentación adecuada combinada con una efectiva irrigación es necesaria para lograr una desinfección suficiente durante el tratamiento del conducto radicular (Bystrom y Sundqvist 1985, Gulabivala et al, 2010)

### 2. Objetivos de la Preparación Biomecánica.

Schilder describió cuatro principios biológicos y cinco objetivos mecánicos, estos son:

#### Objetivos Biológicos:

- 1-Limitar la instrumentación únicamente a la raíz.
- 2-No extruir detritus a través del foramen.
- 3-Remover todo el tejido del conducto radicular.
- 4-Crear suficiente espacio para una eficiente irrigación, medicación y sellado.

#### Objetivos mecánicos:

- 1-Continua conicidad en forma de embudo desde el ápice hasta la cavidad de acceso.
- 2-El diámetro de sección transversal debiese ser más estrecho en cada punto más apical.
- 3-La preparación del canal radicular debiese corresponderse con la forma original del canal.
- 4-El foramen apical debiese mantener su forma original.
- 5-El foramen apical debiese mantenerse lo más pequeño posible.

Sin embargo, la preparación de toda la superficie del sistema de conductos es imposible, aumentando la cantidad de áreas no tratadas hacia apical. (Burklein et al,

2011, Paqué et al, 2009). Las infecciones intrarradiculares son ampliamente inespecíficas y predominantemente anaeróbicas. Estas infecciones demuestran una gran variabilidad entre individuos en términos de composición y de especies dominantes (Siqueira et al, 2004). La anatomía del sistema de conductos es compleja, la que incluye variaciones en el número, longitud, curvatura y diámetro de la anatomía apical con canales accesorios y ramificaciones, comunicaciones entre el canal radicular y el periodonto lateral y el área de furcación. (Hülsmann et al, 2005).

### 3. Problemas en la PBM.

La preparación del canal debe ser hecha con mínimos o sin ningún error en su conformación. Muchas de las técnicas de preparación, incluyendo las técnicas mecanizadas con instrumentos NiTi promueven una forma adecuada del canal (Peters OA., 2004), sin embargo, es posible encontrar los siguientes errores:

#### 1-Formación de zip:

Es el resultado de la tendencia del instrumento a enderezarse dentro de un conducto curvo (Figura 1). Esto resulta en una ampliación excesiva a lo largo de la parte externa de la curvatura y una subpreparación de la parte interna de la curvatura hacia apical. El eje principal del canal es transportado, es decir, desviado del eje original (Hülsmann et al, 2005).

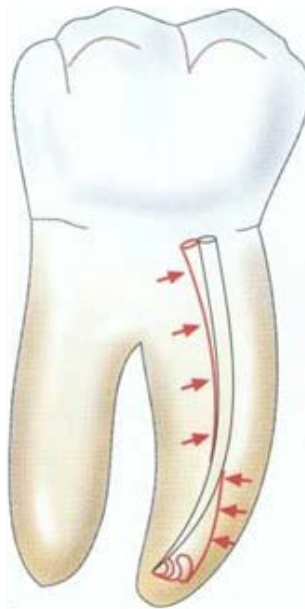


Figura 1: Formación de zip.

## 2-Formación de codo (figura 2):

Está asociado con la formación de zip y describe a una región angosta del canal en el punto de máxima curvatura como resultado de la ampliación irregular que ocurre coronalmente en la parte interna de la curva y apicalmente en la parte externa de ésta (Hülsmann et al, 2005).



Figura 2: Formación de codo en cubo de acrílico.

3-Escalón (figura 3): Puede resultar por la preparación con instrumentos inflexibles con punta afilada usado con movimiento rotacional. Se puede encontrar en la parte externa de la curvatura como una plataforma, está frecuentemente asociada al bloqueo de la parte apical del canal (Hülsmann et al, 2005).

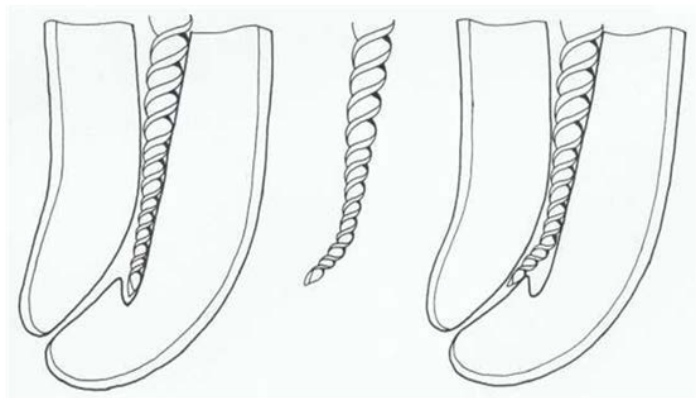


Figura 3: Formación de escalón.

#### 4-Perforación (Figura 4):

Puede producirse como resultado de la preparación biomecánica con instrumentos inflexibles con punta activa usados en movimiento rotacional. Está asociado con la destrucción del cemento radicular e irritación y/o infección del ligamento periodontal (Hülsmann et al, 2005).



Figura 4: Perforación de un canal curvo.

#### 5-Perforación longitudinal (Strip perforation):

Resulta de la sobrepreparación y enderezamiento a lo largo de la parte interna de la curvatura radicular (Figura 5). Las paredes cercanas a la furca son extremadamente delgadas y son llamadas comúnmente “zonas de peligro” (Hülsmann et al, 2005).



Figura 5: Perforación longitudinal en la parte interna de la curvatura.

## 6-Fractura del instrumental:

Durante la preparación, los instrumentos rotatorios NiTi sufren de torsión y flexión. La fatiga torsional ocurre cuando la punta del instrumento se atasca en el conducto, mientras la lima sigue girando. Si el límite elástico es excedido, el instrumento se deforma antes de fracturarse. La fatiga flexural se desarrolla cuando el instrumento rota dentro de un conducto y es sometido a un excesivo número de ciclos de carga de tensión-compresión en la región de máxima curvatura del canal (Peters 2004, Parashos et al, 2004.). El atascamiento de los instrumentos NiTi disminuye con el uso de un movimiento alternado (Varela –Patiño et al, 2008). La deformación de los instrumentos NiTi ocurre más frecuentemente cuando son usados en rotación continua que en rotación alternada, pudiéndose explicar por la tendencia de bloqueo en el primer caso (Varela –Patiño et al, 2010). Para disminuir el riesgo de fractura, se recomienda no exceder la velocidad especificada para cada sistema en el motor de torque controlado (Vaudt et al, 2007).

## 7-Pérdida o variación de longitud de trabajo:

La forma original del conducto y el flaring coronal de los conductos han sido considerados los factores determinantes que influyen en la modificación de la longitud de trabajo (Weine et al, 1975; Leeb et al, 1983). Los instrumentos rotatorios NiTi provocan menos discrepancia en la longitud de trabajo que los instrumentos de acero inoxidable (Glose et al, 1995). Esto se debe probablemente a la habilidad superior de los instrumentos NiTi de mantenerse centrado dentro del canal durante la instrumentación (Davis et al, 2002). En el caso del sistema de lima única WaveOne, también se recomienda verificar la longitud de trabajo antes de la preparación del tercio apical (Berutti et al, 2011). La pérdida en la longitud de trabajo se produce por formación de tapón de dentina.

## **2. Técnicas de Preparación Biomecánica manuales.**

Existen muchas técnicas propuestas en la literatura para la instrumentación manual de los conductos radiculares, estas técnicas se clasifican en dos grandes grupos: apicocorales y coronoapicales, dependiendo del orden de la sección a instrumentar. Entre las técnicas manuales más comúnmente utilizadas, están:

### 1-Crowndown o corona abajo sin presión:

Presentada por Marshall y Pappin en 1983 y publicada, tras su evaluación, por Morgan y Montgomery. Inicialmente se prepara usando un instrumento de mayor tamaño en la entrada del conducto, trabajando el conducto desde coronal a apical con instrumentos más pequeños progresivamente, resultando en una reducción en la extrusión de detritus apicalmente y una reducción de la rectificación (Canalda y Brau, 2001).

### 2-Técnica telescópica o de paso atrás:

Expuesto por primera vez por Clem en 1979 y posteriormente detallada por Waine en y Mullaney. Esta técnica comienza a preparar el ápice con pequeños instrumentos. A

la primera lima que alcanza y ajusta en la constricción se le llama lima inicial apical (LIA). El conducto se ensancha 3 a 4 calibres más mediante limado lineal en sentido circunferencial. La última lima que instrumenta toda la longitud del conducto se conoce como lima maestra apical (LMA). Luego de la ampliación apical, la longitud puede reducirse aumentando el tamaño de los instrumentos. Tras el paso de cada nueva lima, se recapitula con la LMA para mantener la permeabilidad del conducto. (Canalda y Brau, 2001).

### 3-Técnica de fuerzas balanceadas:

Descrita por Roane y Sabala en 1985, utiliza instrumentos de acero inoxidable especialmente diseñados o limas K tipo NiTi (Flex-R). Los instrumentos son introducidos dentro del canal en sentido horario con una rotación máxima de 180° (fase de colocación), seguida por una rotación antihoraria de un máximo de 120° con una adecuada presión apical (fase de corte). La fase de remoción final es realizada con una rotación en sentido horario y un retiro de la lima del conducto. La principal ventaja de esta técnica es un buen control apical de la punta del instrumento, por el hecho que no corta sobre la longitud completa, un buen centrado del instrumento debido a las puntas inactivas y la no necesidad de precurvar los instrumentos.

## **5. Irrigación.**

La irrigación del sistema de conductos es de gran relevancia durante la terapia endodóntica; ésta es definida como un lavado y aspiración de todos los restos y sustancias que puedan estar contenidos en la cámara pulpar o conductos radiculares. La irrigación y aspiración en endodoncia consisten en hacer pasar un líquido a través de las paredes del conducto radicular y la herida pulpar (muñón pulpar) con la finalidad de retirar restos pulpares, virutas de dentina producidas por la instrumentación, microorganismos y otros detritos (Milani Ribeiro, 2011).

### **5.1. Objetivos de la irrigación de los canales radiculares.**

La irrigación del sistema de conductos persigue algunos objetivos como: (Canalda y Brau, 2006).

1-Eliminar restos pulpares, virutas de dentina y restos necróticos que puedan actuar como nichos de bacterias; además estos restos pueden ser llevados a la región periapical y pueden producir agudizaciones.

2-Acción antiséptica o desinfectante.

3-Humedecer o lubricar las paredes dentinarias, facilitando la acción de los instrumentos.

4-Disolución de agentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular, incluyendo la capa de desecho que se produce en la superficie de la dentina por la acción de los instrumentos y su compactación al interior de los túbulos dentinarios.

5-Aumentar la energía superficial de las paredes del conducto, favoreciendo el contacto de los medicamentos usados como curación temporaria y permitir la retención mecánica de los cementos obturadores.

6-Acción blanqueante, debido a la presencia de oxígeno nascente, dejando el diente así tratado menos coloreado.

## 5.2 Tipos de irrigantes

### Hipoclorito de Sodio:

El irrigante más ampliamente utilizado en endodoncia es el hipoclorito de sodio de 0,5% a 6,0%, debido a su actividad bactericida y capacidad para disolver tejido orgánico vital y necrótico (Sushma J. y Prashant P, 2011). Ha sido usado como irrigante intraconducto para la desinfección y limpieza por más de 70 años. Se le ha reconocido como agente efectivo contra un amplio espectro de microorganismos patógenos: Gram positivos, Gram negativos, hongos, esporas y virus, incluyendo el VIH.

A mayor dilución, menor poder desinfectante pero también menor irritación por lo que se ha recomendado diluir al 2.5%, al 1% (Solución de Milton) o al 0.5% (Solución de Dakin, neutralizado con ácido bórico). El porcentaje y el grado de la disolución están en función de la concentración del irrigante.

El hipoclorito de sodio a concentración inferior a 2.5% elimina la infección, pero a no ser que se utilice durante un tiempo prolongado durante el tratamiento, no es bastante consistente para disolver los restos pulpares. Algunos investigadores han reportado que el calentamiento de la solución de hipoclorito de sodio produce una disolución de los tejidos más rápidamente.

La eficacia de la disolución del hipoclorito de sodio se ve influida por la integridad estructural de los componentes del tejido conjuntivo de la pulpa. Si la pulpa está descompuesta, los restos de tejido blando se disuelven rápidamente. Si la pulpa está vital y hay poca degradación estructural, el hipoclorito sódico necesita más tiempo para disolver los restos, por lo que se debe dejar un tiempo para conseguir la disolución de los tejidos para conseguir la disolución de los tejidos situados dentro de los conductos accesorios. El uso de hipoclorito de sodio y EDTA es recomendado para eliminar de forma eficaz los tejidos blandos remanentes así como el barro dentinario orgánico e inorgánico (Shishir Shetty & SureshChandra B., 2009).

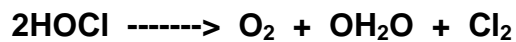
Las soluciones de hipoclorito de sodio exhiben un equilibrio dinámico de acuerdo a la siguiente ecuación:



Análisis e interpretación de la ecuación que explica las acciones del hipoclorito de sodio:

1. El hidróxido de sodio es un potente solvente orgánico y de grasa formando jabón (saponificación), también le da elevada alcalinidad.

2. El ácido hipocloroso es además de un solvente de tejido, un potente antimicrobiano por liberar cloro nascente que se combina con el grupo amina de las proteínas formando cloraminas que actúan como desnaturizantes y desinfectantes. El oxígeno actúa como desodorante y decolorante. Este ácido actúa por oxidación de grupos sulfidrilos de los sistemas enzimáticos de las bacterias alterando su metabolismo. El ácido hipocloroso (HOCl) sufre una descomposición por acción de la luz y del calor liberando cloro libre y secundariamente oxígeno nascente:



3. Las acciones del ácido hipocloroso dependen de su pH. En un medio ácido o neutro predomina la forma ácida no disociada (inestable y más activa). En medio alcalino, prevalece la forma iónica disociada (estable y menos activa). Por este motivo la vida de almacenaje de las soluciones de hipoclorito de sodio con pH elevado son más estables que las de pH próximo al neutro (Solución de Dakin) que tienen una vida útil más corta.

La solución de hipoclorito de sodio tiene baja tensión superficial, menor que la del agua.

4. Neutraliza los productos tóxicos porque actúa sobre las proteínas.

5. Es bactericida porque libera cloro y oxígeno nascente.

6. Tiene un pH alcalino. Neutraliza la acidez del medio transformándolo en impropio para el desarrollo bacteriano.

7. Deshidrata y solubiliza las proteínas, transformándolas en fácilmente eliminables.

8. No irrita los tejidos vivos (Solución de Dakin) y las soluciones más concentradas pueden ser usadas en dientes necrosados con o sin lesiones periapicales.

9. Es un agente blanqueador y una fuente potente de agentes oxidantes.

10. Es un agente desodorizante por actuar sobre los productos de descomposición.

11. Tiene una tensión superficial baja, lo que permite un mejor contacto con las superficies dentarias.

### Desventajas del Hipoclorito de Sodio:

- Produce corrosión de los instrumentos endodónticos.
- Presenta ineffectividad frente a algunos microorganismos.
- El hipoclorito no diferencia entre tejido vital y tejido necrótico al contacto con el tejido periapical.
- Puede provocar problemas al paciente, como quemaduras, reacciones alérgicas, etc.

### Consideraciones clínicas del Hipoclorito de Sodio:

El hipoclorito de sodio no es capaz de remover el barro dentinario y dentro del conducto disminuye sus propiedades. Su acción solvente dependerá del promedio entre la cantidad de solución y de tejido. Las fibras colágenas de la matriz de predentina son atacadas por el hipoclorito.

Numerosos estudios han demostrado que el aumento de la temperatura potencia el efecto de disolver el tejido colágeno necrótico y poder bactericida, pero recordemos que el aumento de la temperatura del hipoclorito hará menos estable la solución.

El hipoclorito de sodio podría no ser removido del conducto radicular, pero debido a que puede precipitar con el tiempo y formar sales de cloruro de sodio, se recomienda que la última irrigación sea efectuada con suero fisiológico previniendo cualquier problema.

Clínicamente se indica en necropulpectomias y durante toda la PBM.

### **5.3 Quelantes.**

Se denominan quelantes a las sustancias que tienen la propiedad de fijar los iones metálicos de un determinado complejo molecular. La quelación es por lo tanto un fenómeno fisicoquímico por el cual ciertos iones metálicos son secuestrados de los complejos que forman parte sin constituir una unión química con la sustancia quelante, aunque sí una combinación.

#### **Indicaciones de los Quelantes.**

Las soluciones quelantes están indicadas para la preparación biomecánica de los conductos atrésicos o calcificados, siendo prácticamente inocuos para los tejidos apicales y periapicales.

Son recomendados tanto para los casos de biopulpectomía como para las necropulpectomías. A pesar de los excelentes resultados obtenidos con estos productos en cuanto a la limpieza de los conductos radiculares, no se indican solos como solución irrigadora, sino que como un auxiliar para el ensanchamiento de los conductos atascados con dentina, calcificados o ambas cosas.

Los quelantes son útiles en la localización de conductos de difícil acceso, para lo cual se sella la cámara entre dos sesiones consecutivas, actuando en la dentina menos calcificada de los orificios, el reblandecimiento nos permite localizar posteriormente el conducto con la punta del explorador.

## **Soluciones Quelantes de uso más frecuente:**

Entre las soluciones quelantes utilizadas con mayor frecuencia para la irrigación se incluyen EDTA, EDTAC, Rc prep. y Glyde.

- **EDTA: (Ácido Etilendiaminotetraacético).** Nygaard Ostby sugirió primero la utilización del EDTA para la limpieza y ensanchamiento del conducto. La forma de presentación es en solución acuosa al 17% y pH = 7.3. La gran afinidad al calcio, especialmente en un medio alcalino y en ausencia de otros metales vuelve al EDTA un excelente descalcificador con pH biológicamente tolerable por los tejidos.

## **Propiedades Físicas y Químicas:**

- Comienza a actuar a los 5 minutos después de ser colocado.
- Tiene actividad autolimitante ( se satura de calcio a las 48 horas).
- Sellado en el conducto durante 24 horas, produce una óptima limpieza de las paredes dentinarias.
- La acción desmineralizadora es lenta, y es poco probable que cause descalcificación durante la PBM.
- El pH del EDTA aumenta 4 a 7.5 veces, incrementando la capacidad de quelación de iones calcio. El pH óptimo para obtener la máxima eficacia desmineralizante sobre la dentina, es entre 5.0 y 6.0.

-**GLYDE:** Acondicionador, cuya fórmula es una combinación de ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) y peróxido de carbamida en una base hidrosoluble.

El EDTA quela las sales de calcio de las áreas calcificadas dentro del canal radicular para facilitar el uso de las fresas. La base de óxido de polietileno utilizada actúa como lubricante para facilitar la excavación del canal radicular mediante instrumental rotatorio y manual.

## **Indicaciones de uso:**

Se presenta en dispositivos en forma de gel de dosis única, con una punta aplicadora especial para depositarlo, se utiliza para la limpieza química y mecánica durante la preparación de conductos radiculares, permite una acción limpiadora que facilita la eliminación del tejido vital y necrótico de la pulpa, se ha diseñado para su uso como irrigación endodóntica mediante la combinación con soluciones de hipoclorito de sodio, produciendo la formación de burbujas de oxígeno, por la liberación de éste a partir del peróxido de carbamida.

Además, acondiciona la superficie del canal interno para la penetración de otros medicamentos utilizados en endodoncia, al limpiar de forma más completa el canal y los túbulos de dentina abiertos.

### Contraindicaciones:

- 1.- No debe utilizarse fuera del sistema del canal radicular ni en tejidos blandos.
- 2.- No debe inyectarse bajo presión dentro del conducto radicular.
- 3.- No se debe utilizar fuerza excesiva en su aplicación.
- 4.- Una dosis es suficiente para realizar una endodoncia en un diente con múltiples conductos. Desechar los aplicadores de dosis única, después de cada uso para evitar la contaminación cruzada.

### 6. Configuración de los conductos radiculares.

Debemos conocer la anatomía de los conductos para comprender la problemática que representa.

Ingle clasificó las curvaturas de las raíces en: curva apical, curva gradual, curva en forma de hoz o defalcación, dislaceración o doblez angular abrupto y curva en forma de bayoneta o doble curvatura.

En su estudio Schneider, en orden de estandarizar la curvatura de las raíces de dientes uniradiculares, desarrolló un sistema en el cual radiografió todas las raíces en sentido vestibulolingual y mesiodistal. Trazó una línea en cada radiografía paralela al eje mayor de la raíz. Trazó una segunda línea desde el foramen apical hasta la intersección con la primera, en el punto donde el conducto comienza a dejar el eje mayor del diente. El ángulo agudo formado por ambas líneas fue medido (figura 6) y así se dividieron las raíces en tres grupos, basados en el grado de curvatura:

- Dientes Rectos:  $5^\circ$  o menos.
- Curvatura moderada: 10 a  $20^\circ$ .
- Curvatura severa: 25 a  $70^\circ$ .

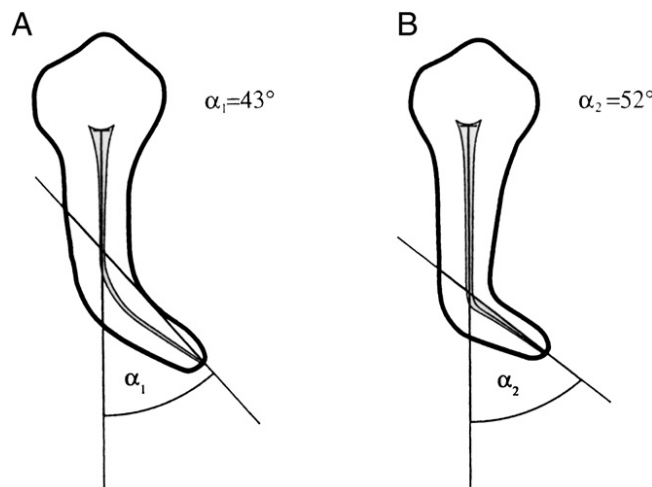


Figura 6: Obtención del grado de curvatura según Schneider.

Pruett en 1997 desarrolló un nuevo método que describe qué tan abrupto es el conducto radicular, además del grado de curvatura (Figura 7). Según Pruett la agudeza de cualquier conducto radicular es descrita en forma más precisa utilizando dos parámetros: el ángulo de curvatura ( $\alpha$ ) y el radio de la curvatura ( $r$ ). El radio permite medir cuán abrupta es la curvatura de un conducto. Para determinar estos parámetros, se traza una línea recta a lo largo del eje mayor de la porción coronal del canal. La segunda línea está trazada a lo largo del eje mayor de la porción apical del canal. Hay un punto en cada una de estas líneas en el que el canal se desvía en el comienzo (punto a) o en el final (punto b) de la curvatura del canal. La porción curvada del canal está representada por un círculo con tangentes en los puntos a y b. El ángulo de curvatura es el número de grados en el arco del círculo entre los puntos a y b. También puede ser definido por el ángulo formado por las líneas trazadas desde los puntos de desviación (a y b) que se cortan en el centro del círculo. La longitud de estas líneas es el radio del círculo y define el radio de la curvatura del canal, la cual es medida en milímetros.

Los parámetros del ángulo y el radio de la curvatura son independientes entre sí. Los conductos pueden tener el mismo ángulo mientras poseen diferentes radios de curvatura, resultando en curvas más pronunciadas (Plotino et al, 2009).

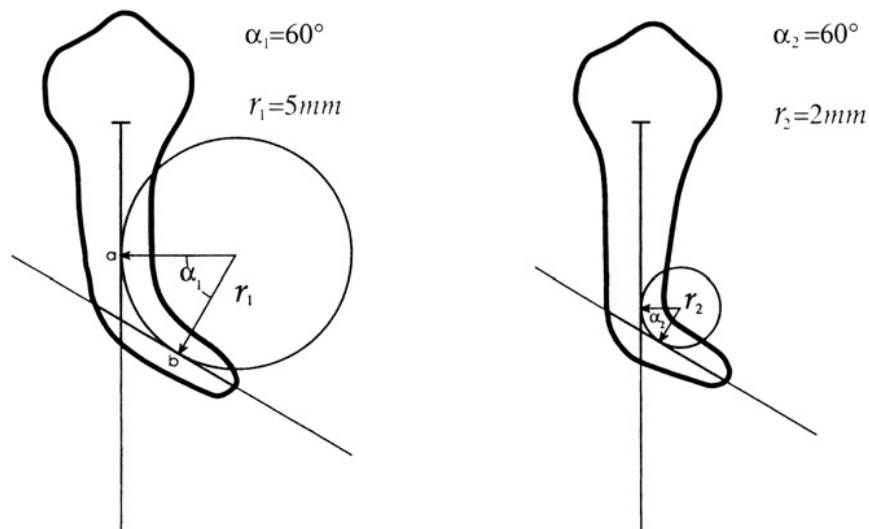


Fig. 7: Determinación de ángulo y radio de curvatura según técnica de Pruett.

Estrela (Estrela et al, 2008) describe un método para determinar el radio de la curvatura, ayudado de tomografías computarizadas Cone Beam (CBCT). Para determinar el radio de la curvatura del canal radicular curvo usa dos líneas semirrectas superpuestas en el canal de la raíz (figura 8), la primera línea de gris claro, es la que representa la continuidad mayor de la región apical y la segunda línea gris oscuro es la que representa los tercios medio y cervical.

A pesar del largo de la línea secundaria, solo los 6 mm más cercanos a la línea primaria son usados para la medición. El punto medio de cada línea semirrecta es determinado. Y desde este punto dos líneas perpendiculares a la línea semirrecta

son dibujadas hasta que se encuentran en un punto central, el circuncentro. La distancia entre el circuncentro y el centro de cada línea semirrectas es el radio de la circunferencia, lo cual determina la magnitud de la curva. De ser necesario las líneas semirrectas pueden ser más cortas. Los valores del radio de la curvatura determinados por las líneas semirrectas de 6 mm son clasificados como: radio pequeño ( $r \leq 4\text{mm}$ ): curvatura severa, radio intermedio ( $r > 4\text{mm}$  y  $\leq 8\text{mm}$ ): curvatura moderada y radio largo ( $r > 8\text{mm}$ ) curvatura ligera.

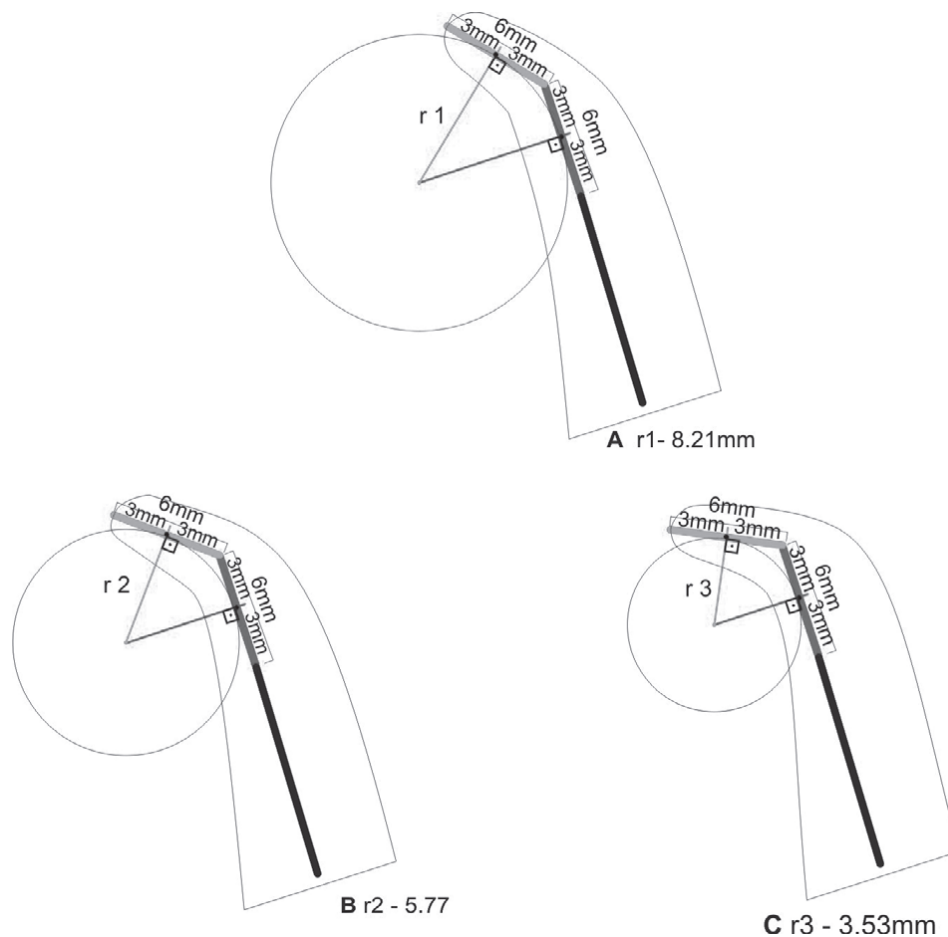


Figura 8: Los radios de la curvatura que consideran las líneas semirrectas de 6mm son clasificados en radio pequeño con  $r \leq 4$  mm asignándose como curvatura severa (fig.8b), radio intermedio, con  $r > 4$  mm y  $r \leq 8$ mm, curvatura moderada (fig.8b) y radio largo con  $r > 8$  mm, curvatura ligera (8c).

**7. Anatomía endodóntica.** Según la clasificación de Vertucci, esta distingue el número de los conductos que:

1. Empiezan en el suelo de la cámara pulpar.
2. Aparecen en el curso del conducto.
3. Desembocan en el orificio apical.

A partir de aquí se han desarrollado 8 tipos de configuraciones de conductos, que se han desarrollado a partir de las preparaciones por diafanización de un numeroso fondo de dientes extraídos:

**Tipo I:** un conducto simple con un orificio.

**Tipo II:** dos conductos, que confluyen en el tercio apical.

**Tipo III:** un conducto, que se bifurca y desemboca nuevamente como un conducto simple.

**Tipo IV:** dos conductos separados hasta el ápice.

**Tipo V:** un conducto que se divide a poca distancia del ápice.

**Tipo VI:** dos conductos, que se unen en la raíz y luego se bifurcan de nuevo en el ápice.

**Tipo VII:** un conducto, que se divide, se fusiona de nuevo y finalmente desemboca en 2 orificios apicales.

**Tipo VIII:** tres conductos separados en una raíz.

Según el grado de dificultad del tratamiento endodóntico, se pueden clasificar según Ingle en:

**Tipo I:** conducto con muy poca curvatura.

**Tipo II:** dificultades anatómicas, como un conducto muy curvado, región apical compleja con curvatura o bifurcación del conducto, y múltiples orificios apicales.

**Tipo III:** orificio abierto, raíces no totalmente formadas.

**Tipo IV:** dientes temporales, reabsorción de los ápices.

### **1-Conductos de sección circular (Lasala, 1992):**

Incisivos centrales superiores.

Conductos mesiales de molares inferiores

Conductos palatinos y distovestibulares de molares superiores.

Premolares superiores con dos conductos.

### **2-Conductos aplanados en sentido mesiodistal:**

Incisivos inferiores.

Caninos inferiores.

Premolares inferiores

Conducto distal único en molares inferiores.

Conducto único en premolares superiores.

Conducto único mesiovestibular en molares superiores.

Ligeramente caninos y laterales superiores.

### **3-Tercio apical:**

Por lo general todos los conductos tienden a ser de sección circular en el tercio apical, pero los aplanados pueden tener sección oval o elíptica, e incluso laminar y en forma de 8 en los tercios medio cervical o coronario.

### **Incisivos y caninos superiores (Figura 9).**

Todos los dientes frontales anterosuperiores tienen una raíz y un conducto. Por lo tanto, pertenecen al Tipo I de Vertucci. Las excepciones son muy raras. La luz de todas las cámaras pulpares es más ancha en dirección vestibulolingual que en dirección mesiodistal (Beer R. et al, 1998).

En el incisivo central superior, el conducto se presenta largo, único y amplio. En el 75% de los casos son rectos, mientras que en el 25% restante presentan una discreta desviación hacia distal. El conducto radicular del incisivo lateral superior es similar al incisivo central superior aunque de dimensiones menores, la desviación hacia distal se presenta en 80% de los casos.

El canino superior tiene un conducto radicular amplio y casi siempre recto. En el sector cervical en un corte transversal es ovalado volviéndose circular hacia apical (Leonardo MR, 2005).



Figura 9: Fotografía y radiografía de incisivo y canino superior.

### **Incisivos y caninos inferiores.**

Los conductos de los incisivos y caninos inferiores son únicos y terminan en una salida (Tipo I) en el 60% de los casos, sin embargo presentan 2 conductos que pueden volverse a unir a partir del tercio medio (Tipo II) entre el 25-41% de los casos, hasta discurrir totalmente por separado 5,5% de los casos. (Beer R. et al, 1998).

Incisivo central inferior presenta un conducto con un acentuado achatamiento en el sentido mesiodistal. El 70% de las veces hay presencia de una bifurcación del conducto que luego vuelve a unirse en apical.

Incisivo lateral inferior presenta un conducto muy similar al incisivo central inferior solo que la duplicidad de conductos es solo en el 20% de los casos y una gran diferencia es que suele curvarse hacia distal.

Canino inferior (figura 10) presenta un conducto con frecuencia único, aunque en ocasiones se presentan 2 raíces y 2 conductos. Según Vertucci esto ocurre en el

22% de los casos y según Madeira et al en el 8% de los casos. Cuando el conducto es único es triangular con base hacia vestibular.

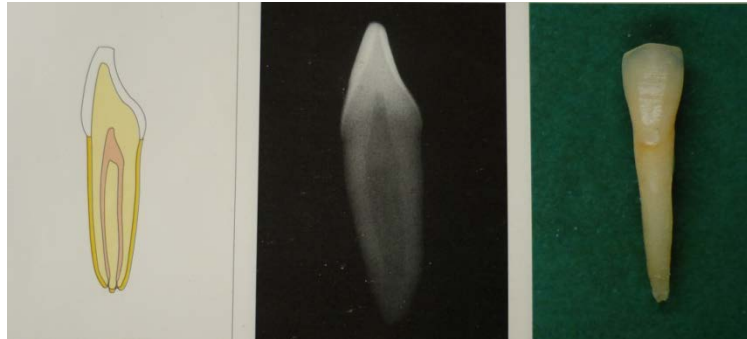


Figura 10: Posible configuración, radiografía y fotografía de canino inferior.

### **Premolares superiores (Figura11).**

El primer premolar posee típicamente 2 raíces bien formadas (56%), que empiezan en el tercio radicular medio y se encuentran en posición vestibular y palatina. Aproximadamente el 40% tienen solamente una raíz, pero con 2 conductos dentro (Tipo IV). El conducto vestibular es más accesible. Cuando el conducto radicular es único, es achatado en sentido mesiodistal, pero son circulares cuando hay 2 conductos.

El segundo premolar superior posee una raíz y un conducto en el 48% de los casos las configuraciones de Tipo II - III - IV tienen una frecuencia de 27%, 24% y 1% respectivamente. Las raíces presentan curvatura en distintas direcciones, siendo rectas en un 40% de los casos (Beer R. et al, 1998). La sección transversal es achatada en sentido mesiodistal.

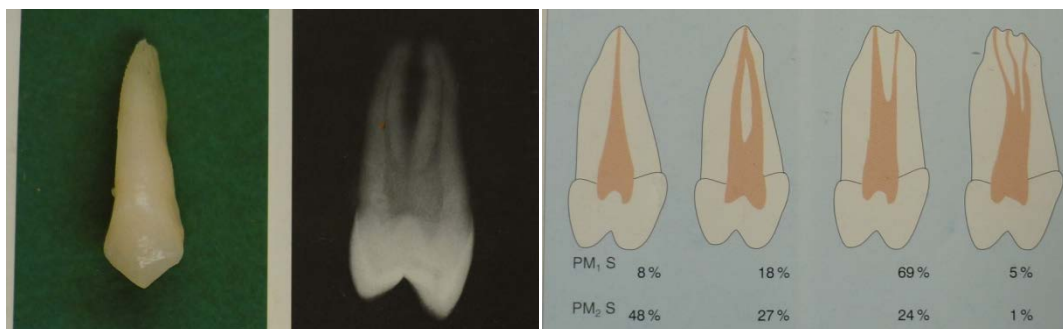


Figura11: Fotografía, radiografía y configuraciones de 2° premolar superior.

### **Premolares inferiores.**

El premolar inferior presenta la corona con una forma cuboide y dos cúspides; se caracteriza por poseer una angulación de su corona diferente a la de la raíz, teniendo 14° de angulación linguoaxial (Beer R. et al, 1998).

En más de un 90% de los casos presenta una raíz única y generalmente aplastada en sentido mesiodistal. Algunas veces presenta una división de la raíz en dos partes, una vestibular y una lingual, con frecuencia en el nivel del tercio apical. Mide aproximadamente 18mm, siendo la longitud total del diente de aproximadamente 22.9mm. Observando el diente por vestibular se puede apreciar una desviación distal de la raíz especialmente a nivel del tercio apical (Beer R. et al,1998).

La cámara pulpar es generalmente amplia con dos cuernos pulpares, uno vestibular y otro más pequeño lingual, en la minoría de los casos. El conducto radicular cuando es único es amplio y de fácil acceso, su sección es ovoide con mayor diámetro vestibulo lingual, en el nivel de los tercios cervical y medio, y adquiere una forma aproximadamente circular en el tercio apical. En el primer premolar inferior la mayoría de los conductos únicos existentes se dividen en dos conductos a nivel del tercio medio apical. El conducto único, al principio recto, se curva marcadamente desde el tercio medio tanto lingual como vestibularmente (Figuras 12). Menos del 2% de los premolares tienen 3 conductos (figura 13). En el segundo premolar inferior casi siempre se encuentra una raíz y un conducto, siendo el 97,5% de los casos (Beer R. et al, 1998).



Figuras 12: Radiografía y fotografía premolar inferior.

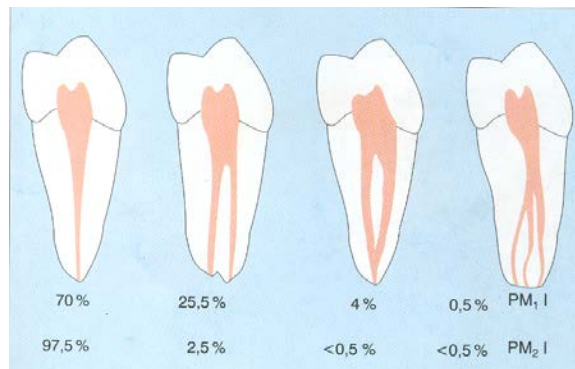


Figura 13: Variaciones de los conductos radiculares en los premolares inferiores.

### **Molares superiores (Figura 14).**

El primer molar superior presenta una cámara pulpar irregularmente cúbica, achatada en sentido mesiodistal con tendencia a la conformación triangular hacia el piso. Presenta 3 raíces separadas en el 100% de los casos (Leonardo MR. 2005).

Posee 4 conductos, la raíz mesiovestibular, que en estudios in vitro posee 2 conductos en un 60% de los casos; en estudios con microscopio en un 95%, y en estudios in vivo entre 18 y un 33%. Los conductos mesiales discurren hacia mesial y luego hacia vestibular y en el tercio apical hacia distopalatino. La raíz distovestibular es la más corta y esta curvada primero hacia distal y en el tercio apical hacia mesial. La raíz palatina es la más larga y la que tiene la luz más ancha y apicalmente está curvada hacia vestibular.

El segundo molar superior presenta sus raíces totalmente separadas en un 50% de los casos, el otro 50% presenta fusión de distintas formas. La caracterización de los conductos es similar al primer molar sin embargo la duplicidad del conducto mesiovestibular es rara. La raíz palatina tiene una curvatura hacia vestibular en apical que suele producir transportaciones en el tratamiento (Leonardo MR., 2005).

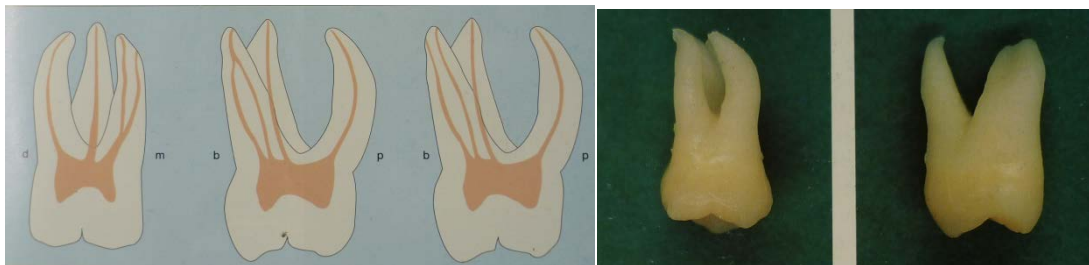


Figura 14: Configuraciones y fotografías de molar superior

### **Molares inferiores (Figura 15).**

El primer molar inferior tiene 2 raíces de las cuales la mesial presenta normalmente 2 conductos, que en el 45% de los casos terminan en un orificio. El conducto mesiovestibular es el más difícil, ya que es muy tortuoso. A una curvatura inicial mesial sigue otra hacia distal en el tercio medio de la raíz. El conducto distovestibular es más amplio y recto. Entre ambos conductos mesiales existen con frecuencia extensas anastomosis. El conducto distal único es habitualmente mayor y oval, desemboca en un 60% de los casos antes del ápice anatómico.

El segundo molar inferior se parece al primero, las raíces son cortas, los conductos son muy curvados y existe un amplio espectro de variaciones. Se encuentran con mucha frecuencia (58%) en la raíz mesial también sólo 1 o 2 conductos del tipo III o IV. En la raíz distal existe casi siempre (>94%) un conducto.



Figura 15: Fotografía y radiografía de molar inferior.

### 8. Instrumentos de Níquel Titanio.

Las aleaciones Ni-Ti utilizados para los instrumentos consisten en aproximadamente un 55% (p/p) de níquel y un 45% (p/p) de titanio y se conoce con el nombre genérico de 55-nitinol. La superelasticidad de los instrumentos NiTi está relacionada con la transformación de fase inducida por estrés en la estructura cristalina del material. La fase austenita se transforma a la fase martensita durante el estrés. Después de la liberación de estrés, el metal retorna a la fase austenita y la lima recupera su forma original (figura 16). La superelasticidad del NiTi permite una deformación de hasta un 8% de tensión para ser totalmente recuperable, en comparación con una máximo de 1% de aleaciones como el hacer inoxidable. La flexibilidad mejorada y las propiedades únicas de la aleación NiTi proporciona una ventaja al preparar conductos curvos y ha hecho posible de lograr instrumentos con conicidades mayores (Young et al, 2007).

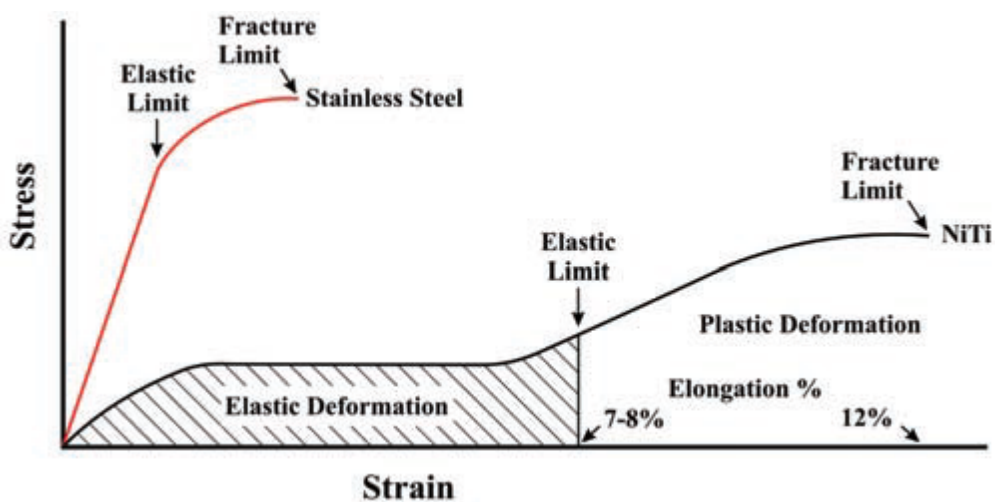


Figura 16: Curva de tensión-deformación: acero inoxidable (línea roja) y níquel-titanio (línea negra). Límite elástico= máximo estrés sin deformación permanente; límite de

fractura es igual al estrés en el cual la fractura ocurre; porcentaje de elongación se refiere a la deformación que resulta de la aplicación de estrés tensil, calculado como el cambio de longitud /longitud original ·100%.

## **9. Sistemas Rotatorios Ni Ti.**

La utilización de sistemas rotatorios ha ido en aumento. En una encuesta realizada en Australia se reflejó que aunque la instrumentación manual sigue siendo la más popular, la mayoría de los endodoncistas (64%) y un número creciente de dentistas generales usan actualmente instrumentos NiTi (Parashos et.al, 2004, Soilaman et.al, 2011). Existen numerosos sistemas rotatorios, diferenciándose en la conicidad (constante, en aumento o en descenso); el ángulo de corte (la dirección de los bordes cortantes) que puede ser neutro, negativo o positivo; la geometría de la sección transversal (forma de S, triple hélice, triangular, asimétrica); configuración de la punta (no cortante redondeada, cortante); diseño de las hojas; ángulo helicoidal (ángulo entre el borde cortante y el eje axial de la lima) y el pitch (la distancia entre los bordes cortantes).

## **10. Requerimientos clínicos.**

Es necesario considerar varios parámetros a la hora de evaluar el desempeño de los sistemas rotatorios NiTi. Los requerimientos más importantes en la preparación del sistema de conducto radicular son: la conformación, la habilidad de limpieza, seguridad y el tiempo de preparación.

1-Tiempo de preparación: La evaluación del tiempo de preparación puede reflejar la eficiencia de un sistema y su conveniencia clínica, pero también es dependiente de la técnica y de la experiencia del operador. En algunos estudios el tiempo de preparación es el tiempo total tomado por la limas dentro del canal (Paqué et al, 2005). Otros, en cambio, consideran también el tiempo para el cambio de instrumentos e irrigación (Bürklein et al, 2011).

2-Seguridad: Fracturas torsionales o fatiga flexural cíclica son las posibles razones de la separación de los instrumentos rotatorios NiTi. Si la punta o cualquier otra parte del instrumento está bloqueada mientras el eje sigue girando, puede ocurrir una fractura torsional. En este caso, el límite elástico está excedido, resultando en una deformación plástica seguida de fractura. Las fracturas torsionales están a menudo evidenciadas por evidencia macroscópica de deformación plástica, en cambio, la fatiga flexural cíclica es causada por cargas mecánicas y fatiga del metal, y no hay evidencia macroscópica de deformación plástica. Las razones de fracturas de los instrumentos son complejas y multifactoriales. Ellos están relacionados con el diseño del instrumento, el proceso de manufactura, la configuración del canal, la fuerza aplicada durante la instrumentación, la técnica de preparación, número de usos, la habilidad del operador y experiencia (Li UM, 2002). En cuanto al diseño y la resistencia a la fatiga es inversamente proporcional al diámetro y al grado de

conicidad del instrumento. En consecuencia, instrumentos con una mayor conicidad y diámetro tienen una vida útil reducida debido a la fatiga cíclica (Ullmann et al, 2005). La resistencia a la fractura torsional aumenta al aumentar el diámetro del instrumento (Ullmann et al, 2005). Los momentos de torsión son inversamente proporcionales a la sección del área transversal (Schäffer et al, 2003). Una mayor área transversal tendrá una resistencia mayor a la torsión y una menor flexibilidad (Vaudt et al, 2007). La tasa de fractura de un instrumento rotatorio NiTi puede ser reducida creando una vía de permeabilidad para la punta del instrumento a través del preflaring manual (Berutti et al, 2004).

3-Capacidad de limpieza: La habilidad para limpiar el sistema de conducto radicular efectivamente depende de la instrumentación e irrigación. El propósito primordial de la irrigación es eliminar el detritus y remover material orgánico e inorgánico. El hipoclorito de sodio (NaOCl) es ampliamente utilizado como irrigante. No es efectivo en remover el barro dentinario inorgánico, pero tiene propiedades bactericidas y la habilidad para disolver tejido orgánico. Una combinación con ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) y NaOCl ha sido reportado como adecuado para remover tanto el barro dentinario como tejido orgánico (Baumgartner et al, 1987). Debido a las diferencias entre las estrías y el diseño de las hojas, los instrumentos varían en su eficacia en la remoción de detritus y la producción de barro dentinario. La comparación en la capacidad de limpieza entre varios sistemas NiTi es dificultoso debido a que la mayoría de los estudios evalúan uno o dos sistemas (Vaudt et al, 2007) La limpieza postoperativa puede ser evaluada histológicamente o con microscopio electrónico de barrido (SEM) usado longitudinalmente u horizontalmente en secciones de dientes extraídos (Bürklein et al, 2011).

#### 4-Habilidad de conformación:

4. a -Rectificación: Este parámetro comprende si la instrumentación de un conducto radicular mantiene la forma curvada del canal. Este puede ser determinado como la diferencia entre el ángulo de la curvatura antes y después de la instrumentación (Berutti et al, 2012). La realización de una vía de permeabilidad, previo a la instrumentación con WaveOne, disminuye las modificaciones del canal radicular (Berutti et al, 2012). Los sistemas de lima única Reciproc (VDW, Munich, Alemania) y WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), han demostrado mantener bien la forma original del conducto en comparación con los sistemas rotatorios NiTi (Bürklein et al, 2011).

4. b-Habilidad de centrado: Se refiere a la dimensión y dirección de la transportación del canal durante la instrumentación del conducto radicular. Se define transportación, como el desvío de trayectoria y morfología inicial del conducto (Vaudt et al, 2007, Canalda y Brau, 2001).

## **11. Sistema de evaluación de la anatomía radicular y preparación del conducto.**

### **Cubo Endodóntico de Kuttler (Kuttler et al, 2001).**

Consiste en un sistema de mufla ampliamente rediseñado que presenta la incorporación de características de diseño mejoradas, tales como la fijación rígida externa y la indexación de mecanizado interno para permitir una mayor precisión, permite la evaluación clínica relevante y reproducible de la anatomía del conducto radicular antes y después de la preparación. Teniendo en cuenta la capacidad de observar directamente y cuantificar los cambios en el sistema de conductos radiculares, la información obtenida mediante este diseño es global. En cada evaluación previa al tratamiento dental proporciona el control ideal, lo que refuerza la idoneidad de esta técnica.

La evaluación de la instrumentación del sistema de conductos es necesaria para determinar que se hayan logrado los objetivos de la preparación de los conductos radiculares, e investigar los efectos indeseables que pueden producir los instrumentos utilizados para la preparación de los canales. Los métodos para la evaluación, incluyen el uso de radiografías, microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido, y la obtención de un modelo tridimensional de los conductos. Las imágenes radiográficas no proporcionan una representación tridimensional precisa, y es altamente subjetivo en las evaluaciones, permite solo conclusiones limitadas. La microscopía electrónica requiere seccionar el canal y hacer un pretratamiento de las muestras que impiden el análisis antes de la instrumentación completa. Las técnicas para la obtención de modelos tridimensionales de los canales son muy sensibles al material, haciendo subjetiva su interpretación.

La incapacidad de proporcionar un preciso análisis comparativo antes y después de la instrumentación son características propias de los canales, lo que es un gran inconveniente en la evaluación de las preparaciones de los canales. Bramante (Bramante et al, 1987) ideó un sistema para el estudio para los conductos radiculares que consistía en un diente inmerso en un cubo de acrílico, el que podría ser seccionado horizontalmente en diversas partes antes de la instrumentación, para luego ser ensamblado en un sistema de mufla externa durante la instrumentación. Las secciones postinstrumentación pueden ser removidas para permitir la captura de imágenes y el posterior análisis comparativo de las secciones pre y postinstrumentación.

El Cubo Endodóntico, es el cubo rígido diseñado por Bramante y modificado por Kuttler (2001). Éste consiste en cinco secciones metálicas que se mantienen unidas por fijación externa para formar un cubo sin techo. Las paredes verticales poseen hacia la cara interna, indentaciones de 1 mm de profundidad y a una distancia de 1.5 mm de separación de arriba abajo. Esto provee al cubo de acrílico una matriz de reposicionamiento una vez cortado. Las otras dos paredes de este cubo poseen muescas verticales para poder orientarlas. Las secciones exteriores metálicas se mantienen unidas por tornillos de fijación externa. Gracias a que las ranuras externas de las secciones metálicas se alinean correctamente, es que proporcionan un sistema preciso y exacto para el montaje.

Se utiliza Resina Acrílica para retener el diente dentro del cubo endodóntico. La resina se hace fluir en el Cubo Endodóntico, el cual se coloca en un vibrador de laboratorio. El diente al ser seccionado se orienta correctamente dentro de la resina sin fraguar dentro del Cubo Endodóntico y se mantiene en posición amarrándolo con seda dental encerada en la superficie oclusal. El Cubo Endodóntico se coloca entonces en una olla a presión con agua justo por debajo del nivel superior del cubo. La resina acrílica se somete a condiciones de presión de 20 psi durante 15 minutos. Esto minimiza la expansión de fraguado del acrílico y facilita la eliminación del bloque acrílico del Cubo Endodóntico. Luego de que el acrílico se ha fijado al Cubo, se desmonta y el diente embebido se retira del cubo.

El bloque acrílico presenta ranuras horizontales equidistantes en las superficies opuestas, mientras que las otras dos paredes opuestas tienen proyecciones de superficie verticales. Utilizando las ranuras horizontales en las superficies de guía opuestas, el bloque de resina es seccionado mediante un disco de diamante en el número deseado de muestras. A continuación, estas muestras se pueden evaluar con las imágenes capturadas y según sea necesario. Las muestras son luego reorganizadas en el Cubo utilizando la unión vertical y horizontal, y vueltas a montar, dejando la porción coronal del diente expuesta para el acceso y la instrumentación. Es posible desmontar y capturar nuevas imágenes en cualquier momento durante la instrumentación. Las radiografías de los dientes también pueden ser tomadas previa eliminación de dos paredes opuestas, dependiendo de si en el punto de vista radiológico es necesaria la instrumentación en dirección vestibulolingual o mesiodistal, se obtienen imágenes finales, las muestras se etiquetan y se almacenan, y el Cubo Endodóntico entonces se puede reutilizar.

## **12. Sistema ProTaper® Universal.**

El sistema ProTaper® Universal es un sistema de instrumentación mecánica por rotación horaria continua fabricado de la aleación Níquel Titanio. Como característica principal destaca su conicidad múltiple y progresiva que permite al instrumento trabajar pequeñas zonas de dentina lo cual reduce el estrés por torsión, la fatiga de la lima y la posibilidad de fractura. Permite además con ello que, llevando siempre los instrumentos a longitud de trabajo, utilicemos no obstante una sistemática de tratamiento coronario-descendente o *crown down*. Presenta un ángulo de corte ligeramente negativo, una punta inactiva no cortante y una sección transversal triangular convexa (figura 17) que hace que disminuya el área de contacto entre el filo cortante de la lima y la pared de dentina lo que permite que aumente la acción de corte y la seguridad, debido a que disminuye el estrés por torsión, además presenta aristas redondas con un pitch variable (figura 18) lo que permite la extrusión de detritus fuera del conducto y previene el posible atornillamiento de la lima en el interior del mismo.

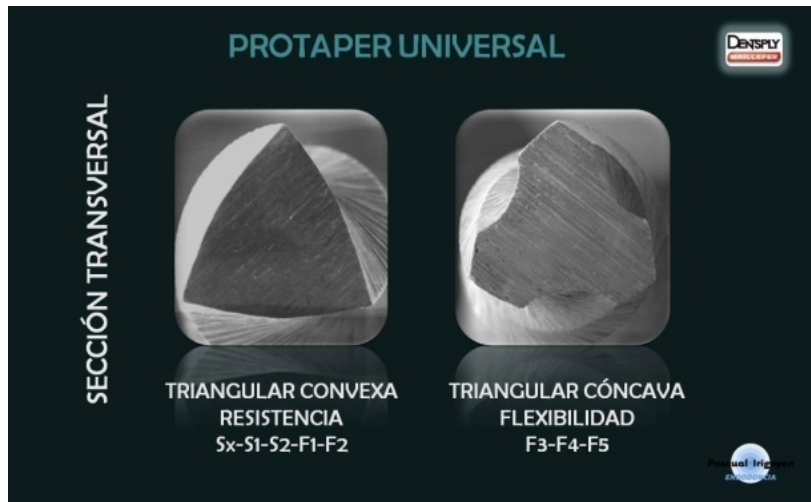


Figura17: Sección transversal ProTaper Universal.

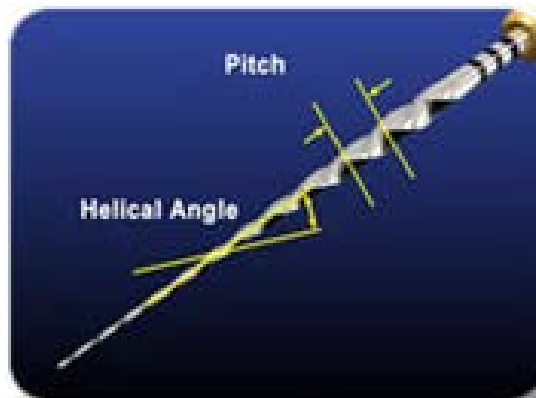


Figura 18: Variación del ángulo Helicoidal ProTaper Universal.

### Descripción del Instrumental.

Esta existencia de conicidad variables en la parte activa de un mismo instrumento ha dado lugar a la existencia de dos grupos de instrumentos dentro de este sistema, en primer lugar están los instrumentos que la casa comercial denomina "S"(Sx, S1 y S2), de "*shaping*" o preparación coronal. Estos instrumentos S se caracterizan por tener mayor conicidad cerca del mango, y menor en la porción apical. Frente a ello están los otros instrumentos, de la serie "F" (F1, F2, F3, F4 Y F5), de "*finishing*" o preparación apical. Estos instrumentos tienen diseño opuesto a los S, con mayor conicidad en la parte apical, que se reduce mucho conforme vamos hacia coronal (figura 19). Los instrumentos F4 y F5 se utilizan principalmente para ápices amplios.

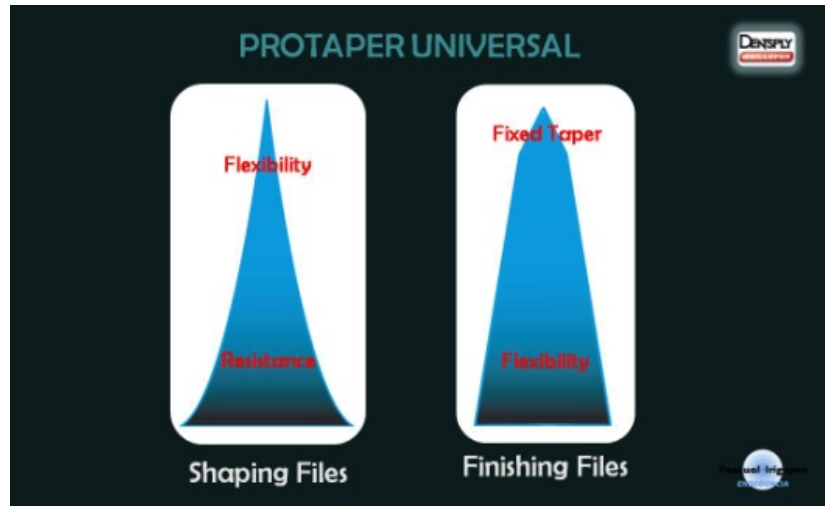


Figura 19: Diferencias de diseño entre limas Shaping y Finishing de ProTaper® Universal.

Presentan una punta guía inactiva con extremo redondeado para minimizar desviaciones del conducto. Permite al instrumento seguir la forma del conducto sin dañar las paredes del mismo. Presentan mangos de 12.5mm de longitud comparado con los instrumentos estándar cuya longitud es de 15mm. Esto permite un mejor acceso en la parte posterior de la boca, en especial cuando el espacio interproximal es pequeño.

### **Shaping Files (Figura20).**

Sx: Diseñada para ensanchar el tercio coronal del conducto, permitiendo “movimientos de cepillado” para modificar y reposicionar el orificio de entrada de los conductos. Es la lima más corta de todas (19mm), con 14 mm de parte activa y un diámetro en D1 de 0,19 mm. Su diseño nos ofrece una conformación proporcional a la que nos da el uso de las fresas Gates Glidden 1-4.

S1: Diseñada para ensanchar el tercio coronal del conducto. Está disponible en longitudes de 21, 25 o 31mm, con 14 mm de parte activa y un diámetro apical (D1) de 0,17 mm. Se distingue por la presencia de un anillo de color lila en el mango.

S2: Diseñada para conformar el tercio medio del conducto. Se presenta con longitudes de 21, 25 o 31mm, con 14 mm de parte activa y un diámetro en D1 de 0,20 mm. Se distingue por la presencia de un anillo de color blanco en el mango.



Figura 20: Limas Shaping ProTaper® Universal.

### Finishing Files: limas de conformación apical (Figura 21)

Estas limas están diseñadas para la preparación del tercio apical.

F1: Disponible en longitud 21, 25 o 31mm, con 16 mm de parte activa, un diámetro en D1 de 0,20 mm y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 7%. Se distingue por la presencia de un anillo de color amarillo en el mango.

F2: Tiene una longitud de 21, 25 o 31mm, con 16 mm de parte activa, un diámetro en D1 de 0,25 mm y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 8%. Se distingue por la presencia de un anillo de color rojo en el mango.

F3: Tiene una longitud de 21, 25 o 31mm, con 16 mm de parte activa, un diámetro en D1 de 0,30 mm, y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 9%. Se distingue por la presencia de un anillo de color azul en el mango.

F4: Se fabrica en longitudes de 21, 25 o 31mm, con 16 mm de parte activa, un diámetro en D1 de 0,40 mm, y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 6%. Se distingue por la presencia de dos anillos de color negro en el mango.

F5: Tiene una longitud de 21, 25 o 31mm, con 16 mm de parte activa, un diámetro en D1 de 0,50 mm, y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 5%. Se distingue por la presencia de dos anillos de color amarillo en el mango.

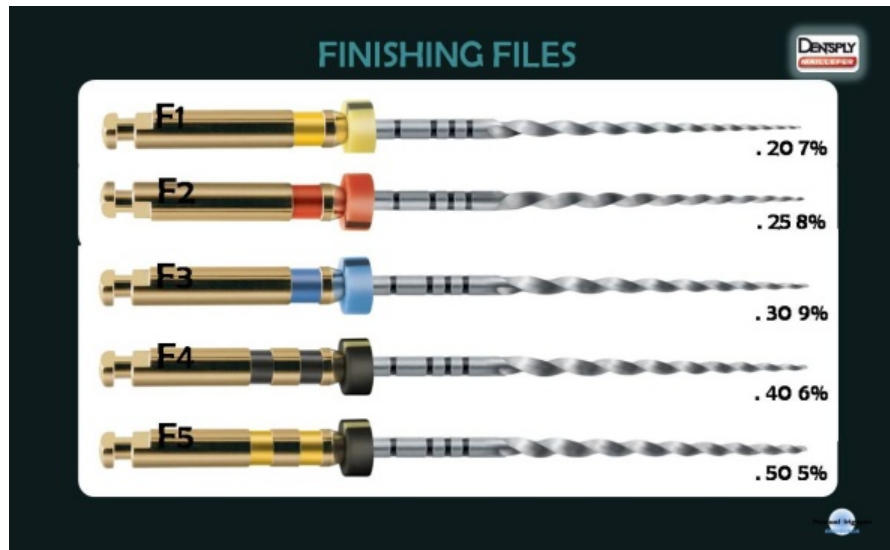


Figura 21: Limas Finishing ProTaper Universal.

**Secuencia de uso de Protaper® Universal según el fabricante (uso a 250 rpm)  
Figura 22.**

- Llenar la cámara pulpar con hipoclorito de sodio.
- Explorar el conducto pasivamente con una lima Flexofile 010 (viendo la curvatura del conducto) hasta los 2/3 de la longitud de estudio (LE), determinada mediante una radiografía pre-operatoria.
- Repetir con limas Flexofile 015 y 020 para crear el acceso.
- Utilizar un lubricante tal como el Glyde.
- Irrigar entre cada lima.
- Usar lima Shaper S1.
- Realizar “movimientos de cepillado” hasta llegar a 020.
- Recapitular una o dos veces.
- (“Movimiento de cepillado”: tomar el instrumento en el punto de menor resistencia y cepillar hacia afuera del conducto.
- Si es necesario, usar SX pasivamente con “movimientos de cepillado”, lo que mejora el acceso en línea recta y traslada al conducto lejos de la furcación.
- Re-irrigar.
- Medir la longitud de trabajo con una lima Flexofile adecuada.
- Establecer permeabilidad.
- Determinar la longitud de trabajo (LT) utilizando un localizador apical.
- Confirmar radiográficamente.
- Con una lima de longitud 015 o 020 confirmar el acceso.
- Irrigar y usar S1 a LT.
- Re-irrigar y usar S2 a LT (debe entrar con facilidad).
- Re-confirmar la LT utilizando un localizador apical.

- Irrigar y usar lima Finishing F1 (020) a LT y retirar de inmediato.
- Medir el foramen apical con lima Flexofile 020.
- Si se encuentra bien ajustada, obturar.
- Si se encuentra flojo, usar F2 (025) y si es necesario usar F3, F4 Y F5 (030, 040, 050) (Figura 17).
- Irrigar, y con una lima Flexofile 010 a LT remover el detritus y asegurarse de que esté permeable.
- Las limas Finishing se usan con “movimientos de acción dentro y fuera del conducto”, no con “movimientos de cepillado”.

### ProTaper® Universal Protocol

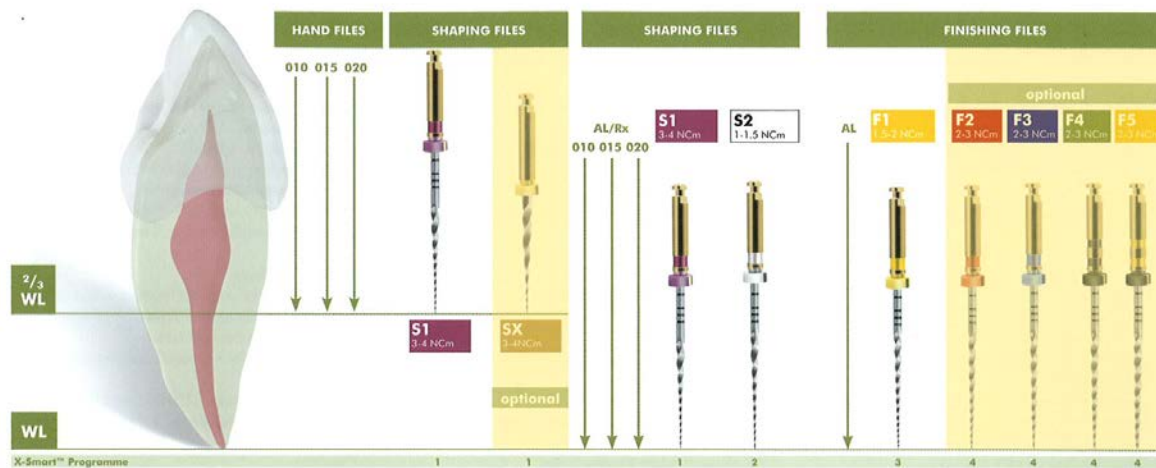


Figura 22: Protocolo para el uso de ProTaper Universal.

### Normas sobre el uso de ProTaper® Universal.

- Las limas rotatorias ProTaper® Universal se deben usar a velocidad constante de entre 150 rpm y 300 rpm, lo recomendado es 250 rpm.
- Las limas rotatorias deben usarse en un motor endodóntico específico con control de torque tal como el X-Smart Motor.
- Siempre irrigar el conducto antes de introducir una lima.
- Una vez confirmada la longitud de trabajo, utilizar una lima progresivamente menor a la LT.
- Utilizar las limas Shaping S1, S2 Y SX con “movimientos de cepillado”.
- Utilizar limas Finishing F1-F5 en “movimientos de acción dentro y fuera del conducto”.
- Retirar las limas una vez que se alcanza la longitud de trabajo.
- Limpiar las limas inmediatamente luego de su uso.

### **13. Preparación del canal usando sólo un Instrumento Rotatorio NiTi.**

La preparación de conducto utilizando una sola lima fue hecha por Yared (G.Yared, 2008). En su estudio describía esta nueva técnica, en la cual, utilizaba un instrumento manual 08 y un instrumento rotatorio Protaper F2, junto con un motor que permitía el movimiento recíproco (ATR Vision, ATR, Pistoia, Italy), el cual ya no se encuentra en venta. El instrumento F2 se usaba en el canal con un leve movimiento picoteo y una ligera presión apical hasta encontrar resistencia. Luego el instrumento era empujado fuera del conducto, limpiado con una gaza para remover el detritus y reinsertado. Esto se repetía hasta encontrar la longitud de trabajo con F2, siempre acompañado de una irrigación continua usando una solución de hipoclorito de sodio al 2,5% y finalmente EDTA al 17% seguido por NaOCl.

Las ventajas de usar una lima de uso único son enfrentar la posibilidad de fractura de material asociado a la fatiga del instrumento causado por múltiples usos (Yared, 2008) e impedir la contaminación cruzada asociada a la incapacidad de limpiar completamente y esterilizar los instrumentos endodónticos (Letters et al, 2005) y la posibilidad de la presencia de priones en el tejido pulpar humano (Schneider et al, 2007). Esta técnica permitiría reducir el número de instrumentos NiTi requeridos para la preparación, simplificando el arsenal y siendo mejor en término de costo-beneficio comparado a otras técnicas (Yared, 2008).

### **14. Sistema recíproco de lima sistema recíproco de lima única WaveOne (Weber et al, 2011).**

#### **Descripción del sistema.**

El nuevo sistema de limas NiTi WaveOne de Denstply Maillefer, es un sistema de lima única, de único uso para preparar el conducto radicular completamente desde el principio hasta el final. Conformar el conducto en una forma cónica continua no solo cumple los requerimientos biológicos para una adecuada irrigación para eliminar del sistema canal radicular de bacterias, productos bacterianos y tejido pulpar, sino también provee la forma perfecta para una obturación 3-D con gutapercha.

En la mayoría de los casos la técnica requiere una lima manual seguida de la sola lima WaveOne para dar forma al conducto completamente. El diseño especial de las limas NiTi trabajan de forma similar, pero en sentido contrario, que la acción de “fuerza balanceada” usando un motor pre-programado para mover las limas en un movimiento recíproco de atrás y adelante. Las limas están manufacturadas usando la tecnología M-Wire.

Existen 3 limas en el sistema WaveOne disponible en las medidas de 21,25 y 31 milímetros (figura 23).



Figura 23: Limas Waveone Small (amarillo), Primary (rojo) y Large (negro).

1-La lima WaveOne Small es usada en fino canales. La punta es de tamaño ISO 21 con una conicidad continua de 6%.

2-La lima WaveOne Primary es usada en la mayoría de los canales. El tamaño de la punta es ISO 25 con un taper apical de 8% que se reduce hacia el extremo coronal.

3-La lima WaveOne Large es usada en canales amplios. La punta tiene un tamaño ISO 40, con una conicidad apical de 8% que se reduce hacia el extremo coronal.

Los instrumentos están diseñados para trabajar en una acción de corte reversa. Todos los instrumentos tienen una sección transversal convexa triangular modificada en la punta (figura 24) y una sección transversal triangular convexa en el extremo coronal (figura 25).



Figura 24: Sección coronal triangular convexa.



Figura 25: Sección apical triangular convexa modificada.

Las limas WaveOne poseen una distancia entre espiras (pitch) variable a lo largo de la longitud del instrumento (figura 26).

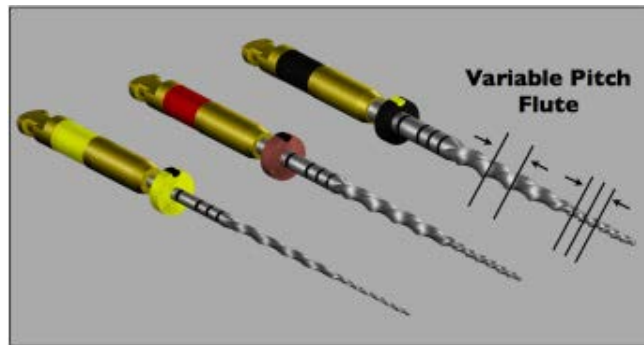


Figura 26: Distancia entre espiras variable.

Las limas son realmente de uso único. El código de color de plástico, se altera si se esteriliza, impidiendo la colocación de la lima en la pieza de mano.

El motor WaveOne (Fig. 27) tiene una batería recargable con una pieza de mano reductora 6:1. El motor está programado con la velocidad y ángulos de giro de los instrumentos WaveOne. El movimiento en sentido antihorario es mayor que el movimiento en sentido horario. El movimiento en sentido antihorario hace avanzar al instrumento enganchándolo y cortando dentina. El movimiento en sentido horario desengancha el instrumento de la dentina antes de que se pueda bloquear en el conducto. Tres ciclos de giro alterno completan una rotación reversa completa y el instrumento avanza gradualmente dentro del conducto aplicando una pequeña presión apical.



Figura 27: Motor WaveOne y pieza de mano reductora 6:1.

Todas las marcas de limas NiTi pueden usarse con el motor WaveOne ya que tiene funciones adicionales para la rotación continua. Sin embargo, como las limas WaveOne tienen su propio diseño único reverso, solo pueden usarse con el motor WaveOne con su función de giro alterno.

La técnica envuelve los siguientes pasos:

1-Acceso directo.

2-Elección de la lima WaveOne.

3-Conformación con lima única.

4- Abundante Irrigación con NaOCl al 5% y EDTA durante y después de la conformación con lima única.

### **Selección de la lima.**

1- Si una lima 10 K es demasiado resistente para el movimiento, usar la lima WaveOne Small.

2-Si una lima 10K alcanza la longitud fácilmente, está suelta o muy suelta, usar la lima WaveOne Primary.

3-Si una lima manual 20 o mayor alcanza la longitud, usar la lima WaveOne Large.

### **Técnica de preparación descrita por el fabricante.**

1-Establecer un acceso coronal en línea recta hasta el orificio de entrada del conducto radicular.

2- Estimar la longitud de trabajo mediante radiografías o imágenes digitales preoperatorias, obtenidas con una correcta angulación.

3- Crear una permeabilidad del conducto usando suavemente la lima del 010, con la ayuda de irrigación o de un quelante viscoso, según se prefiera, hasta que se encuentre resistencia y la lima ya no avance más. Luego, se trabaja hasta que la lima tenga holgura en el conducto.

4- Seleccionar la lima WaveOne consultando la “Guía Clínica y Anatómica”. Seleccionar los ajustes preprogramados en el motor WaveOne.

5-Iniciar la preparación con la lima WaveOne seleccionada, junto con el irrigante. Realizar un movimiento de picoteo suave hacia adentro, con avances de 2-3 milímetros de profundidad, hasta que la lima WaveOne avance en forma pasiva, y se note resistencia.

6- Sacar la lima WaveOne, eliminar los restos de dentina e inspeccionar las espiras cortantes, irrigar y repetir los pasos 3 y 5 hasta haber conformado los dos tercios coronales del conducto radicular.

7-Preparar el tercio apical del conducto con una lima del número 010 junto con un quelante viscoso. Utilizar esta lima con suavidad hasta que quede completamente suelta al alcanzar la longitud de trabajo estimada. Establecer la longitud de trabajo final, confirmar la permeabilidad apical, verificar que el conducto es totalmente permeable e irrigar.

8- Usar la lima WaveOne a la longitud de trabajo final. Se considera terminada la preparación cuando las espiras apicales de la lima están llenas de dentina. Irrigar, recapitular, y volver a irrigar.

Calibrar el tamaño del foramen apical con una lima manual ISO del mismo diámetro que la lima WaveOne que alcanzó la longitud de trabajo. Si la lima manual de calibrado ofrece resistencia cuando alcanza la longitud de trabajo, la preparación ha terminado. Si la lima de calibrado está suelta al alcanzar dicha longitud, se recomienda usar una lima WaveOne más grande para terminar la preparación.

9- En casos muy raros, si la lima WaveOne Primary, (025 .08) no pudiera alcanzar la longitud deseada, se necesitará seleccionar la lima WaveOne Small (021 .06) para iniciar o realizar, según el criterio de acabado, la conformación del tercio apical.

10- Usar métodos de irrigación “activa” para conseguir una desinfección 3D del sistema de conductos radiculares.

### **Guía clínica y anatómica**

La lima WaveOne TM PRIMARY (025 .08) está diseñada para preparar completamente la mayoría de los conductos radiculares.

Si cuesta avanzar con una lima K del número 010, entonces el tamaño seleccionado será la lima WaveOne TM SMALL (021 .06).

Podemos incluir los incisivos inferiores, los conductos MBII de los molares superiores y/o los conductos con curvaturas apicales.

Si la lima K del número 020 alcanza con facilidad la longitud estimada, entonces el tamaño adecuado es el WaveOne TM LARGE (040 .08).

Podemos incluir los incisivos superiores, los premolares con un conducto único y algunos molares con conductos de mayor diámetro.

### **Aspectos a considerar de ambos sistemas**

#### **Taper o conicidad.**

La mayoría de los instrumentos endodónticos tiene la porción activa en forma de cono, con el vértice en la punta y la base al final de la parte activa. Esta forma se denomina conicidad y se identifica por la razón aritmética que determina el aumento de diámetro del cono a cada milímetro. Por ejemplo, en un instrumento con conicidad 0,02 (o 02), el diámetro del cono aumenta desde la punta hasta la base, 0,02 mm por cada milímetro y así aumentará sucesivamente para las otras conicidades. (Soares

I.y Goldberg F, 2002). En el caso de la lima Primary y F2 poseen una conicidad constante de 8% (Ver tabla I).

Movimiento recíproco.

Teóricamente, los movimientos horario y antihorario debieran reducir la incidencia de fractura torsional debida al bloqueo (Yared, 2008). Con el movimiento en sentido horario, el instrumento alcanza la longitud de trabajo y queda yuxtapuesto a las paredes dentinarias. En ese momento y con el objetivo de cortar la dentina se ejecuta el movimiento en sentido antihorario, con suave presión apical. Esa presión puede ejercerse porque con ese movimiento, el instrumento tiende a salir del conducto, lo que evita que sobrepase la longitud de trabajo (Soares I.y Goldberg F, 2002). La sobreinstrumentación causa la deformación de la forma original del conducto, particularmente en su tercio apical (Schafer E. & Vlassis M., 2004). Además, la fatiga cíclica y la extrusión apical de detritus es reducida al usar movimientos horarios de 65° y movimientos antihorario de 45° (Varela Patiño P. et al, 2008)

La lima Primary del sistema WaveOne y la lima F2 del sistema ProTaper Universal, comparten el mismo diámetro apical y conicidad. Sin embargo existen diferencias en cuanto a su sección transversal y al tipo de movimiento utilizado (Ver tabla I).

Característica	Primary	F2
Movimiento	Recíproco	Continuo
Sección transversal	Triangular convexa modificada en la punta y triangular convexa coronal	Triangular convexa
Acción de corte	Reversa	
Diámetro apical	0,25	0,25
Taper	8%	8%

Tabla I: Comparación entre las limas Primary (WaveOne) y F2 (ProTaper Universal).

### III OBJETIVOS

#### **Objetivo General:**

Comparar la eficiencia en la preparación biomecánica usando dos sistemas de instrumentación rotatoria: ProTaper Universal v/s WaveOne.

#### **Objetivos específicos:**

- Comparar la transportación de los canales instrumentados.
- Comparar la capacidad de centrado de ambos sistemas.
- Comparar el tiempo de trabajo empleado en la preparación biomecánica para ambos sistemas.

### IV HIPÓTESIS

*“El sistema WaveOne es más eficiente en la preparación de los conductos radiculares que el sistema ProTaper Universal”*

## V MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Diseño del estudio:

Corresponde a un estudio de tipo **comparativo, in vitro, experimental y controlado**.

#### Universo.

El **universo** se constituyó por un pool de dientes extraídos, que tuviesen a lo menos un conducto que cumpliera con los requisitos de inclusión de distintos centros odontológicos de atención: consultas privadas, servicios de atención público y de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso. Se dejó en cada lugar de atención, una cantidad suficiente de consentimientos informados, para que fuese leído por el paciente (anexo1, consentimiento informado).

### 2. Determinación del tamaño de muestra.

Para la determinación del tamaño mínimo de muestra en el estudio, se consideró como variable capacidad de centrado, que es de tipo cuantitativa, en el cual se compararon las medias de la característica de interés entre 2 grupos independientes (WaveOne y ProTaper Universal).

El tamaño de la muestra por grupo queda determinado a través de la siguiente expresión:

$$n \geq \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 [\sigma_1^2 + \sigma_2^2]}{\delta^2}$$

Donde:

- $\alpha$ : es el nivel de significancia que se utilizó en el estudio.
- $Z_{1-\alpha/2}$ : es un percentil teórico de la distribución de probabilidad normal estándar que acumula el  $100 \cdot (1-\alpha/2)\%$ , cuando  $\alpha=0,05$  implica que  $Z_{0,975}=1,96$ . Cuando  $\alpha=0,01$  implica que  $Z_{0,995}=2,575$ . Cuando  $\alpha=0,1$  implica que  $Z_{0,95}=1,645$ .
- $\sigma_1^2$ : es la varianza de la variable bajo estudio en el grupo 1.
- $\sigma_2^2$ : es la varianza de la variable bajo estudio en el grupo 2.
- $\delta$ : es el error de estimación de la diferencia de dos medias a nivel poblacional y muestral de los grupos de estudio 1 y 2.
- $\beta$ : es el error tipo II que se utilizó en el estudio.
- $Z_{1-\beta}$ : Es un valor teórico obtenido de la distribución normal estándar. (Percentil de la distribución que acumula el  $100 \cdot (1-\beta)\%$  de la población). Cuando  $\beta=0,05$  implica que  $Z_{0,95}=1,645$ . Cuando  $\beta=0,1$  implica que  $Z_{0,9}=1,282$ . Cuando  $\beta=0,15$  implica que  $Z_{0,85}=1,036$ . Para finalizar, cuando  $\beta=0,2$  implica que  $Z_{0,8}=0,842$ .

Entonces, se consideró lo siguiente:

- Grupo 1 = conductos tratados con WaveOne.
- Grupo 2 = conductos tratados con ProTaper.

Y según los resultados obtenidos en el estudio de Stern et al, 2012, se utilizaron como valores las varianzas poblacionales correspondientes a la capacidad de centrado en el tercio apical  $\sigma_1^2 = (0,03)^2$  y  $\sigma_2^2 = (0,03)^2$ . Se consideró un error de estimación (error de muestreo) de a lo más 0,04 milímetros ( $\delta = 0,04$ ), considerando un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0,05$ ) y una potencia del test del 95% ( $\beta = 0,05$ ), tenemos que el tamaño mínimo de muestra por cada grupo es de por lo menos 15 conductos (anexo 2, curvas características de población).

### **3. Selección de la muestra.**

#### **Muestra**

Del total de dientes extraídos se seleccionó un total de 26 dientes entre los cuales se encontraban molares superiores, inferiores, premolares superiores e inferiores, incisivos inferiores y laterales superiores. Los dientes seleccionados debían cumplir los criterios de inclusión. Finalmente fueron distribuidos por muestreo aleatorio simple.

#### **Criterios de inclusión:**

- Dientes con al menos un conducto permeable con una lima K10.
- Dientes sin alteraciones de forma ni de estructura.
- Dientes que no hayan sido tratados endodóticamente.
- Dientes con un diámetro apical inicial correspondiente a una lima  $\geq$  a K10 y  $\leq$  a K15.

#### **Criterios de exclusión.**

Fueron excluidos los dientes que tuviesen una curvatura severa superior a 48°, según la clasificación de Schneider y un radio de la curvatura mayor de 5 mm, según lo descrito por Estrela (Estrela et al, 2008).

### **4. Variables:**

- Transportación: Variable cuantitativa discreta.
- Capacidad de centrado: Variable cuantitativa discreta.
- Tiempo de instrumentación: Variable cuantitativa discreta.

#### **Definiciones conceptuales:**

- Transportación: Remoción de la pared externa de la curvatura en la mitad apical debido a la tendencia del instrumento de volver a su forma original.

-Capacidad de centrado: Habilidad del instrumento de desgastar permaneciendo en el centro del canal.

-Tiempo de instrumentación: Duración que toma la preparación del sistema de conductos a través de diversos instrumentos.

### **Definiciones operacionales:**

-Transportación: Corresponde a la diferencia entre la distancia más corta desde el borde de un canal instrumentado hasta la periferia de la raíz (mesial y distal) y las medidas obtenidas luego de la instrumentación observado en la imagen, utilizando la siguiente fórmula:  $|(a_1-a_2)-(b_1- b_2)|$ , donde  $a_1$  es la distancia más corta desde el borde mesial de la raíz al borde mesial del canal no instrumentado,  $b_1$  es la distancia más corta desde el borde distal de la raíz al borde distal del canal no instrumentado,  $a_2$  es la distancia más corta desde el borde mesial de la raíz al borde mesial del canal instrumentado y  $b_2$  es la distancia más corta desde el borde distal de la raíz al borde distal del canal instrumentado (Gambill et al ,1996).

-Capacidad de centrado: Corresponde a la siguiente fórmula:  $(a_1-a_2)/( b_1- b_2)$  ó  $(b_1- b_2)/(a_1-a_2)$ . Si estos números no son iguales, el valor menor se considerará como numerador. Según esta fórmula, el resultado de 1 indica centrado perfecto (Gambill et al, 1996).

- Tiempo de instrumentación: Corresponde al tiempo, medido en segundos, utilizado por el uso del sistema, incluyendo el tiempo empleado en la irrigación, en el cambio de limas en el sistema ProTaper Universal y en la verificación de la longitud de trabajo.

### **5. Desarrollo del estudio:**

Se tomó una radiografía de estudio para discriminar qué piezas cumplen con los criterios de inclusión. Se hizo un muestreo aleatorio simple a través del programa Epidat 4.0, 15 conductos para el grupo ProTaper Universal y 15 conductos para el grupo WaveOne. Posteriormente se realizó la eliminación de la corona clínica a nivel del límite amelocementario, para luego ser montados en acrílico transparente en el sistema de mufla modificado por Kuttler en 2001 (figura 28,29 y 30), los cuales fueron hecho de acero inoxidable tipo 316 L. Previo montaje se realizaba un envaselino del cubo y las raíces eran correctamente posicionadas con la ayuda de una lámina de cera amarilla.

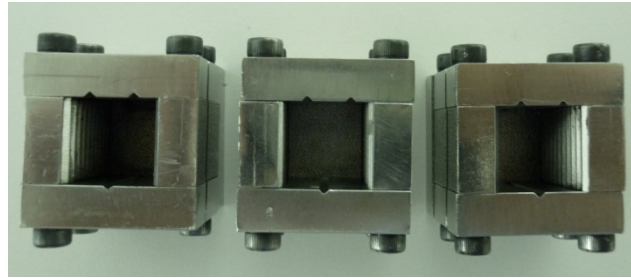


Figura 28: Cubos de Kuttler armados utilizados en el estudio.

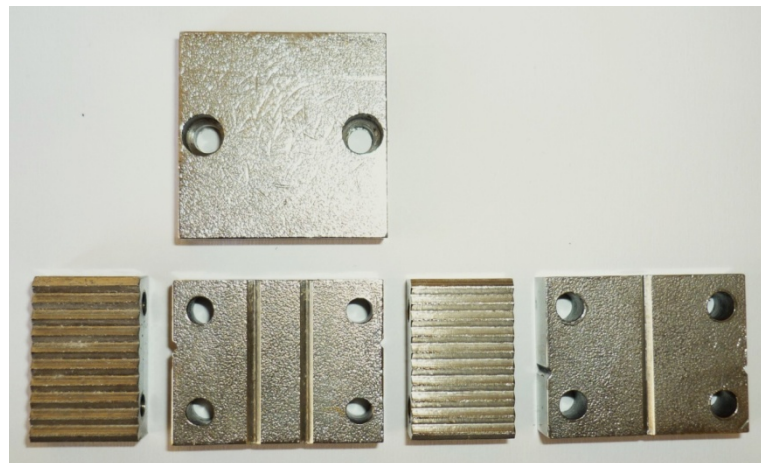


Figura 29: Cubo de Kuttler desarmado.

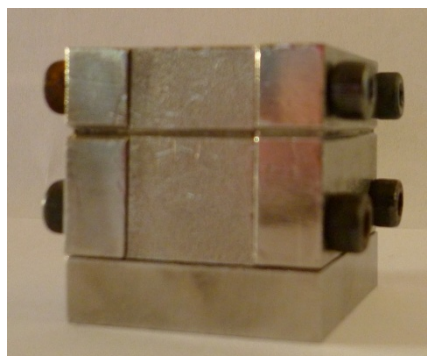


Figura 30: Cubo de Kuttler armado vista latero-frontal.

Se hicieron 3 cortes transversales con la ayuda de un disco de diamante a baja velocidad (Isomet Buehler) de 0,3 milímetros de espesor (figura 30): uno a 3 mm del LAC, otro a 3 mm del ápice y una última a una distancia equidistante entre las otras dos secciones, asignándose a estas secciones las letras b, c y d respectivamente, siendo a, la sección más externa, correspondiente al LAC, que no fue considerado.

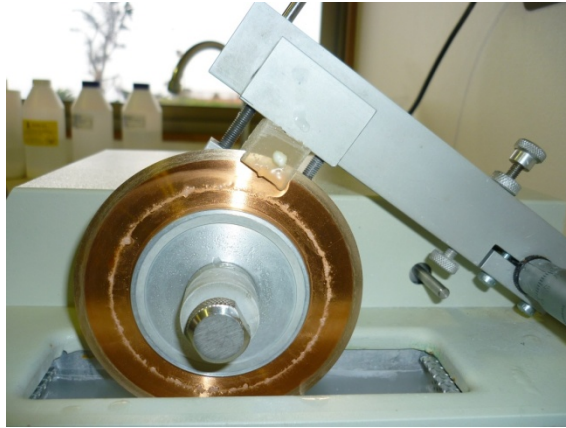


Figura 31: Disco de diamante a baja velocidad (Isomet Buehler) cortando una sección de un cuerpo de prueba.

En seguida las secciones fueron puestas bajo el *estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT* (figura 31) y tomadas con 1.5X de aumento, luz en 5 directa, cámara en manual y exposición 1/30 ó 1/40.



Figura 32: *Estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT.*

## **Exploración de los conductos**

A continuación se procedió a la limpieza y permeabilización del conducto radicular utilizando hipoclorito de sodio al 2,5% y una lima K10. Se verificó que los conductos tuviesen como diámetro apical inicial una lima  $\geq$ K10 y  $\leq$ K15, la cual se constataba táctilmente cuando la lima quedaba ajustada con suavidad a las paredes del conducto en su porción apical.

### **Instrumentación:**

Se instrumentó con los sistemas rotatorios según la técnica propuesta por el fabricante, realizado por un solo operador, el cual fue entrenado previamente. Para el caso del sistema ProTaper Universal, se utilizó la secuencia hasta llegar a F2.

Se utilizó el Motor WaveOne para ambos sistemas.

Los set de limas se utilizaron como máximo dos veces.

Como irrigante durante la instrumentación se utilizó 2ml de Hipoclorito de Sodio al 2,5% después de cada instrumento, con una jeringa desechable con aguja hipodérmica G30, la cual se introdujo lo más profundo posible dentro del conducto evitando su bloqueo y como irrigante final 5ml de Hipoclorito de Sodio al 2,5%.

### **Procesamiento de imágenes y medición:**

Para asegurar un máximo de precisión durante el proceso de análisis de muestras fotográficas, se utilizaron dos software, Autocad 2007 y Photoshop CS5, ambos especializados en distintas labores de edición que comprenden la etapa comparación y medición de imágenes.

Primero, se insertaron un par fotografías en formato JPG (previa y posterior a la preparación) pertenecientes a una misma muestra de diente en Adobe Photoshop CS5, donde se superponen y rotan con el fin de verificar su equivalencia de tamaño y posición. Una vez comprobada la correspondencia entre ambas imágenes se separan y distancian en eje horizontal, disponiendo al lado izquierdo la primera fotografía y la segunda a la derecha. Esta comparación se guarda en un único archivo JPG, y es la que se utiliza en la próxima etapa.

Luego de generada en Photoshop la imagen comparativa entre fotografía previa y posterior de muestras, esta se importa en Autocad 2007, donde es escalada en relación 1:1 al tomar como referencia la grilla milimétrica, y finalmente medidas en milímetros (figura 32).

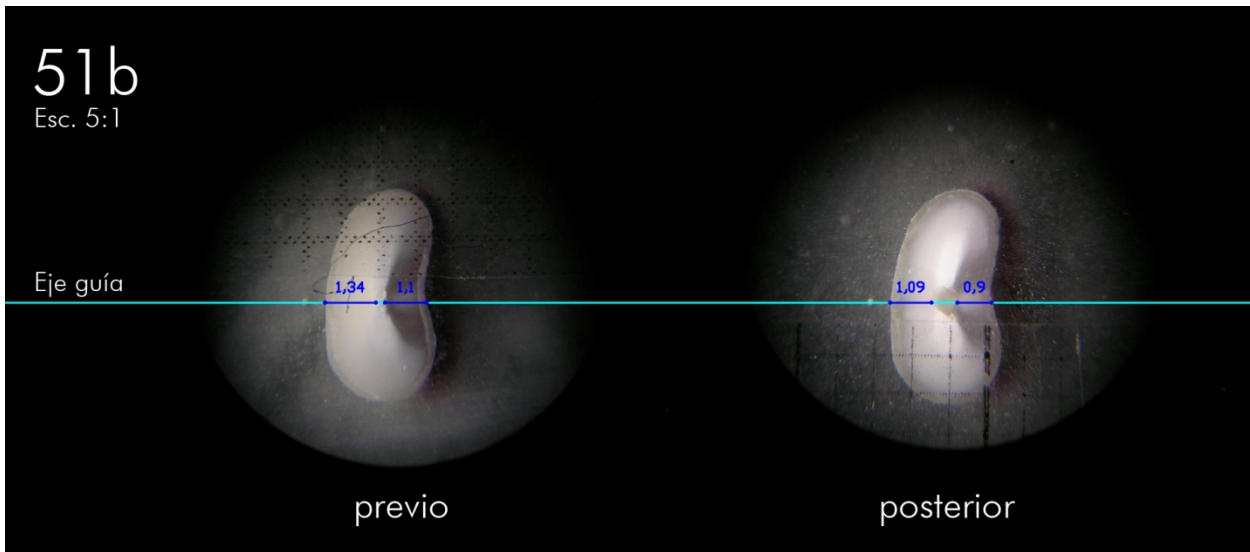


Figura 33: Diente 51, sección b, con mediciones hechas (escala 5:1).

Este proceso es repetido para cada muestra comparativa de los 30 conductos analizados. (Ver anexo 3).

#### **6-Calibración.**

La instrumentación se llevó a cabo por un solo experimentador quien fue instruido y calibrado en el uso de los sistemas rotatorios por un especialista en endodoncia capacitado en el uso de los instrumentos. Antes de la instrumentación, el operador realizó cada técnica en 20 cuerpos de prueba, no pertenecientes a la muestra, por cada sistema. Las preparaciones fueron hechas en horario diurno, en un período no mayor a 90 minutos para evitar la fatiga del operador. Las mediciones en las imágenes las realizó un operador entrenado en el uso del programa, la cual no supo con qué sistema se instrumentó la imagen observada.

### **VI ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados fueron analizados con el test para datos no paramétricos Wilcoxon para las secciones coronal y media, así como para los datos correspondientes al tiempo y con el test t –student para la sección apical, empleando el software Stata SE 12 (Statacorp), fijándose un nivel de significancia de p 0.05.

## VII RESULTADOS

### Tiempo de preparación:

La media de tiempo empleada para el grupo ProTaper Universal fue de 281,07 segundos, considerablemente mayor al tiempo empleado por WaveOne que correspondió a 93,53 segundos (Tabla II y figura34).

Grupo	media(Tiempo)
PT	281,07
WO	93,53

Tabla II: Tiempo comparativo entre los dos grupos.  
(PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne)

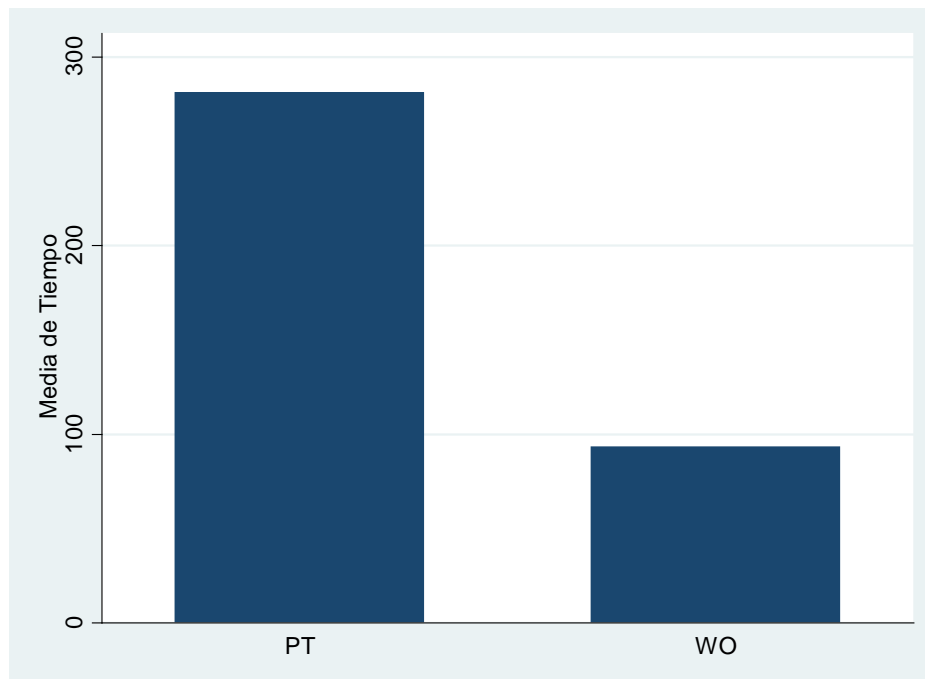


Figura 34: Comparación de medias en tiempo de grupos. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne)

### Prueba de Wilcoxon.

La prueba de los signos de Wilcoxon es una [prueba no paramétrica](#) para comparar la [mediana](#) de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Se utiliza como alternativa a la [prueba t de Student](#) cuando no se puede suponer la normalidad de dichas muestras. Debe su nombre a [Frank Wilcoxon](#), que la publicó en 1945. Se utiliza cuando la variable subyacente es continua pero no presupone ningún tipo de [distribución](#) particular.

Se aplicó un test de Wilcoxon, obteniendo un valor  $p \approx 0$  (estadístico de prueba de 4,626), por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al tiempo empleado entre ambos sistemas (Tabla II).

Variable	Estadístico de prueba	Valor P
Tiempo WO=Tiempo PT	4,626	$\approx 0$

Tabla III: Prueba de Wilcoxon para la variable tiempo. (WO: WaveOne; PT: ProTaper Universal).

#### Capacidad de centrado y transportación:

Los resultados en cuanto a la capacidad de centrado y transportación están resumidos en la tabla IV.

Sección	Variable	Obs	Media	SD	Mínimo	Máximo
<b>B(Coronal)</b>	Centrado PT	15	0,72	0,79	0,00	3,38
	Centrado WO	15	0,50	0,32	0,00	1,00
	Transporte PT	15	0,12	0,14	0,00	0,46
<b>C(Medio)</b>	Transporte WO	15	0,08	0,07	0,00	0,24
	Centrado PT	15	0,42	0,28	0,06	1,00
	Centrado WO	15	0,41	0,31	0,07	0,91
<b>D(Apical)</b>	Transporte PT	15	0,10	0,08	0,00	0,30
	Transporte WO	15	0,13	0,10	0,01	0,38
	Centrado PT	15	0,22	0,26	0,00	0,75
	Centrado WO	15	0,40	0,39	0,00	1,00
	Transporte PT	15	0,11	0,08	0,02	0,25
	Transporte WO	15	0,10	0,13	0,00	0,53

Tabla IV: Medidas descriptivas para Centrado y Transporte.

Podemos observar que las diferencias entre los grupos en cada sección no es lo suficientemente amplia, lo que queda de manifiesto en las figuras 35-38.

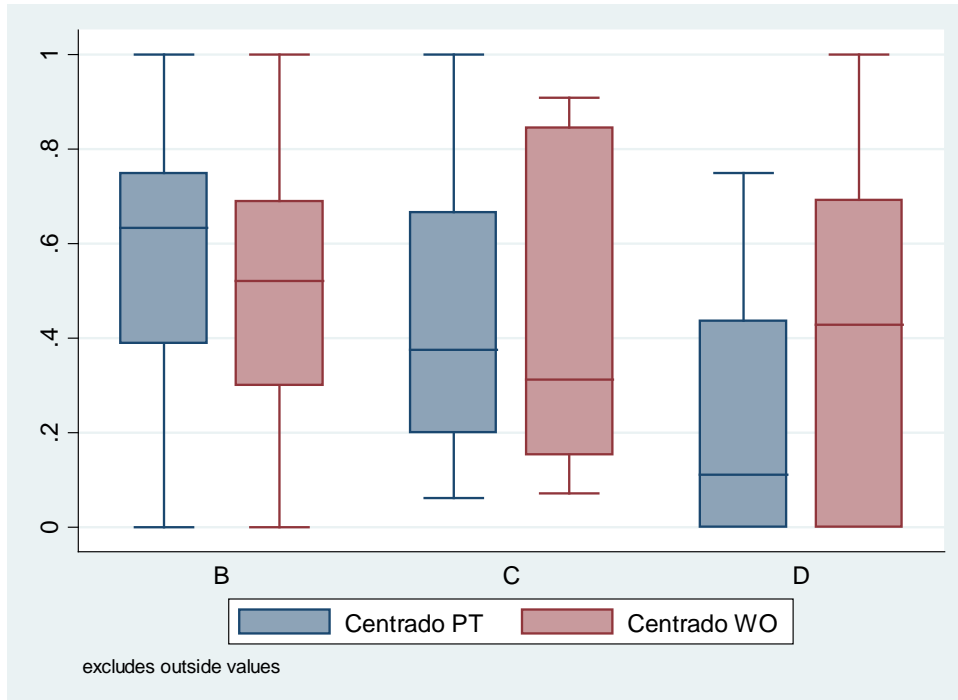


Figura 35: Estadísticos de Orden para la variable centrado. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne, B: En eje X: valores de centrado. En eje Y: las diferentes secciones siendo B coronal, C sección media y D apical).

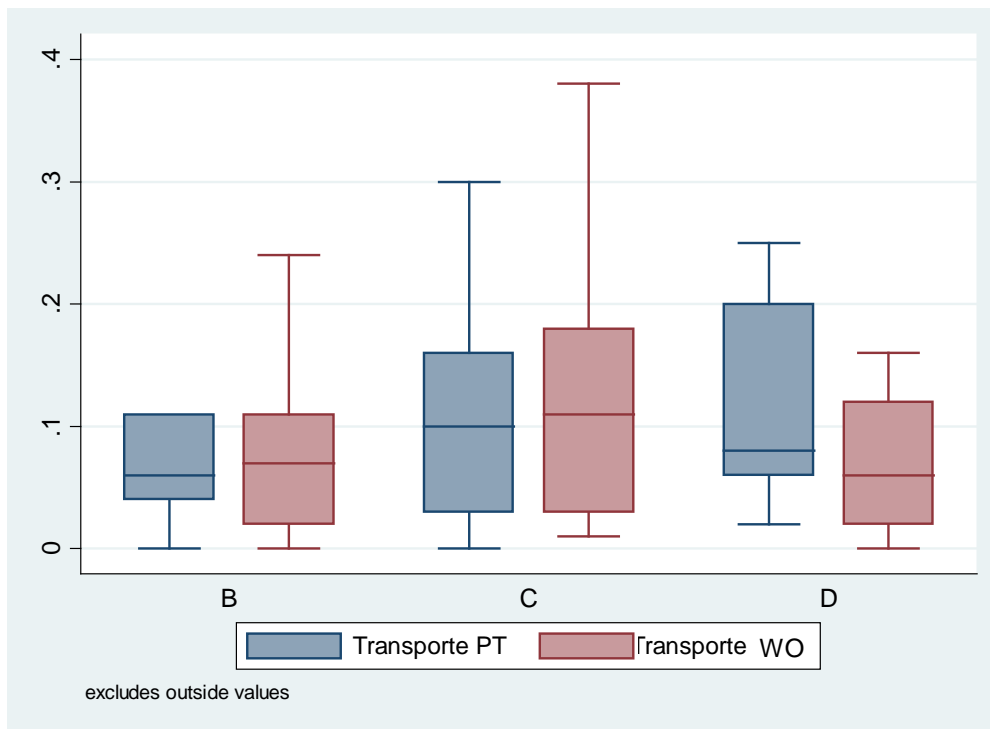


Figura 36: Estadísticos de Orden para la variable Transportación. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne, B: En eje X: valores de transporte. En eje Y: las diferentes secciones siendo B coronal, C sección media y D apical).

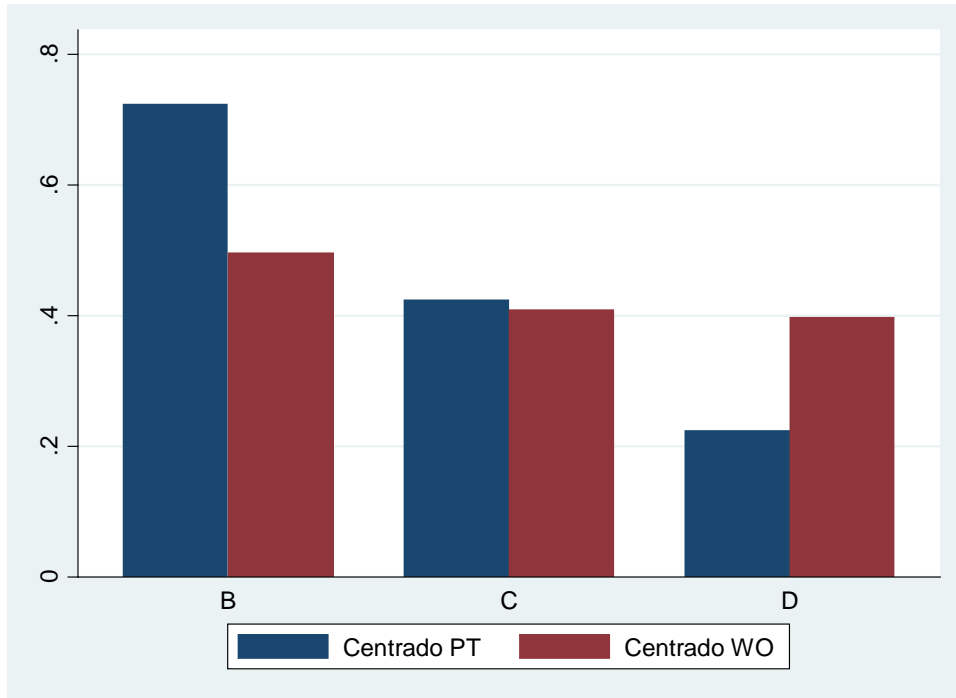


Figura 37: Comparación de las medias de centrado para cada grupo en las diferentes secciones. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne, B: Sección coronal, C: Sección media, D: Sección apical).

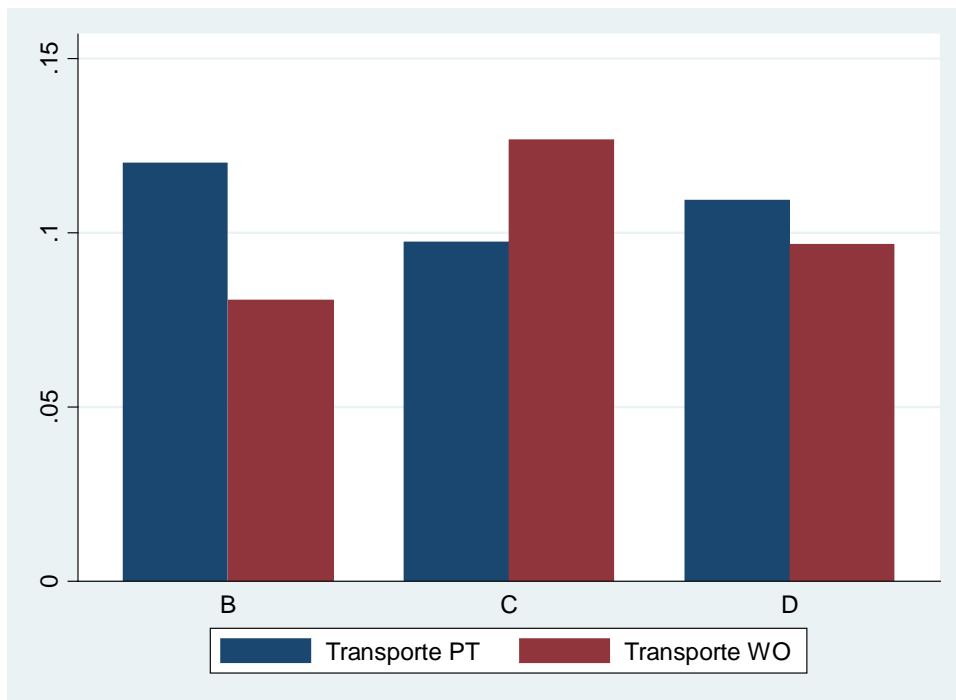


Figura 38: Comparación de las medias de Transporte para cada grupo en las diferentes secciones. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne, B: Sección coronal, C: Sección media, D: Sección apical).

Se aplicó la prueba NO Parametrica Wilcoxon (Tabla IV), ya que notamos con una prueba de normalidad (Shapiro wilks), que los datos no son normales, en el caso de ser normales aplicábamos el test T-student, caso de transportación en la sección D apical (Tabla V).

### Hipótesis

H0: Mediana(X1) = Mediana(X2)

V/s

H1: Mediana(X1) dist Mediana(X2)

### Calculo del estadístico.

$$W+ = \sum_{Zi > 0} Ri$$

Donde:

$Zi = Yi - Xi$ , ( $Xi$ ,  $Yi$  valores obtenidos en la muestra).

A estos  $Zi$  se les aplica valor absoluto y se ordena de menor a mayor, a estos valores se les asigna un rango de 1,...,n que será  $Ri$ .

Luego  $\sum_{Zi > 0} Ri$  es la suma de solo los rangos en que el  $Zi$  (sin valor absoluto) es positivo.

VARIABLES	ESTADÍSTICO	VALOR-P
Centrado B WO = Centrado B PT	0,75	0,45
Centrado C WO = Centrado C PT	0,33	0,74
Centrado D WO = Centrado D PT	-1,01	0,31
Transporte B WO = Transporte B PT	0,46	0,65
Transporte C WO = Transporte C PT	-0,62	0,53

Tabla IV: Análisis de la prueba de Wilcoxon. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne, B: Sección coronal, C: Sección media, D: Sección apical).

VARIABLES	ESTADÍSTICO	VALOR-P
TransporteD WO = TransporteD PT	0,32	0,75

Tabla V: Análisis del test T-student para el transporte en la sección D apical. (PT: ProTaper Universal, WO: WaveOne).

No existe diferencia significativa entre las variables transportación y centrado entre ProTaper Universal y WaveOne, ya que los valores-p encontrados son superiores a nuestra región de rechazo, que es de 0,05. Podemos apreciar que los valores, como varían entre 0 y 1, son ampliamente superiores, por lo cual, podemos asumir que cualquiera de los dos grupos de dientes en el estudio en cualquiera de sus secciones (B coronal, C medio, D apical) tiene resultados bastante similares para los estudios posteriores.

## VIII DISCUSIÓN.

En este trabajo de investigación se compararon dos sistemas de instrumentación rotatoria NiTi, uno de movimiento recíproco y lima única: WaveOne y otro de movimiento continuo: ProTaper Universal. Al comparar la capacidad de conformación de diferentes instrumentos, es importante que estos tengan un diámetro de preparación apical similar (Bergmans et al, 2003). Es por esto que se escogió comparar la lima Primary del sistema WaveOne con el sistema ProTaper Universal hasta llegar a la lima F2, puesto que ambas poseen un diámetro apical de 0,25.

El estudio in Vitro consistió en comparar la eficiencia de la preparación biomecánica en dientes naturales, montados en acrílico transparente en el cubo endodóntico de Kuttler y posteriormente seccionado en 3 cortes que ejemplificasen lo que ocurre tanto en la sección apical, medio y coronal del conducto, comparando la transportación de los canales instrumentados, la capacidad de centrado y midiendo el tiempo empleado. Las limas Primary y F2 tienen diferentes secciones transversales, pero presentan igual taper y diámetro. Se obtuvo que en las tres referencias estudiadas (coronal, medio y apical), no existe una diferencia estadísticamente significativa, por lo que ambos sistemas serían igual de eficaces en cuanto a la mantención de la anatomía.

En la actualidad hay pocas publicaciones que comparan ambos sistemas. Berutti et al, 2012 (Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A comparative Study) realizaron un estudio comparativo en 30 cuerpos de prueba acrílicos (Endo Training Blocks, ISO 15, taper 0,02, Dentsply, Maillefer), asignándose 15 para cada grupo. El sistema ProTaper se instrumentó hasta la lima F2 y en el caso de WaveOne se utilizó la lima Primary. Los resultados se obtuvieron a través de fotografías digitales pre y post-instrumentación superpuestas y procesadas con el software Matlab 2010 que analiza la curvatura del radio y el error relativo del eje, encontrando diferencias significativas para ambos parámetros, concluyendo que la lima WaveOne Primary mantiene mejor la anatomía original en comparación con el sistema ProTaper usado hasta la lima F2. (Berutti et al., 2012), sugiriendo realizar estudios posteriores para saber si hay alguna implicancia en los resultados atribuida al movimiento recíprocante, al diferente diseño de la sección transversal, a la aleación M-Wire o a una combinación de estas variables. Estos resultados no pueden ser comparables a los obtenidos en este estudio, pues el citado estudio anterior ejecutó un análisis en sentido frontal al canal y no coronal, como también por el hecho de haberlo realizado en diferentes cuerpos de pruebas. Otro reporte habla de la capacidad de conformación y limpieza efectiva en conductos curvos severos de dientes naturales utilizando dos sistemas de lima única: Reciproc y WaveOne versus MTwo y ProTaper respectivamente, cada grupo compuesto por 20 canales radiculares, que fueron balanceados entre sí tanto por el ángulo (ángulos entre 25° a 39°), como por el radio de la curvatura del canal (entre 3,1 a 10, 6 mm). En este caso, el sistema ProTaper se utilizó hasta llegar a la lima F3, que posee un diámetro de 0.3 con un taper de 9% y empleando la lima Primary en el sistema WaveOne, la cual posee distinto taper y diámetro inicial. Se evaluó con radiografías pre y post-instrumentación analizadas en un software computacional para análisis de imágenes, para determinar la rectificación del canal. Se encontró diferencias

significativas en cuanto a la remoción de detritus en el tercio apical para MTwo y Reciproc en comparación con WaveOne y ProTaper, pero no así en cuanto a la mantención de la anatomía original del conducto, no existiendo resultados significativos. En cuanto al tiempo empleado WaveOne demostró ser significativamente más rápido ( $p < 0,05$ ) en comparación con Mtwo y ProTaper. En este caso, a pesar de haberse efectuado en dientes naturales, también se evaluó la anatomía desde una vista frontal (S. Bürklein et al., 2011).

Paqué et al, 2011 realizaron un estudio con 25 molares inferiores con dos conductos mesiales separados entre sí, los cuales fueron aleatoriamente asignados en dos grupos: lima F2 ProTaper utilizada en movimiento recíprocante y el segundo grupo utilizaba la técnica rotatoria continua con sus secuencias de limas. Se evaluaron los parámetros de cambio en el volumen dentinario, porcentaje de paredes conformadas y grado de la transportación del canal, incluyéndose además el registro del tiempo empleado. Se empleó un micro-tomógrafo de alta resolución ( $\mu$ CT, Scanco Medical, Brüttisellen, Switzerland). Las muestras fueron scaneadas antes y después de la preparación del canal y se utilizó los centros de gravedad, que fueron obtenidos de cada corte y luego unidas a lo largo del eje z. Los valores de transportación fueron calculados comparando los centros de gravedad antes y después del tratamiento para el tercio apical, medio y coronal de los canales. También se aprovechó a contabilizar el tiempo utilizado para ambas técnicas, sin contar el cambio de instrumentos, la irrigación y la limpieza intermedia de los instrumentos. No hubo diferencias estadística entre las dos técnicas, es más, la mediana de la transportación del canal en los tercios medio y apical no difirieron entre las dos técnicas ( $p > 0,01$ ). Sin embargo, hubo estadísticamente ( $p < 0,01$ ) más transportación con la lima recíprocante en el tercio coronal, la cual fue en dirección a la furca en todos los casos. Nuevamente, la forma de medir la mantención de la anatomía se diferencia del usado en este estudio, siendo la tecnología de la micro-tomografía mucho más aconsejable. Los cuerpos de pruebas no son equivalentes a los utilizados en este trabajo, si bien, se valió de dientes naturales, éstos eran exclusivamente molares inferiores, cuya principal diferencia en los valores de transportación era en la zona de la furca, no siendo evaluada en este estudio. Cabe además recalcar, que la instrumentación de la lima recíprocante, se realizó sin una vía de permeabilización, la cual recomienda el fabricante y es respaldada por Berutti et al, 2012 (Root Canal Anatomy Preservation of WaveOne Reciprocating Files with or without Glide Path) que concluye que las modificaciones del canal parecen ser significativamente reducidas cuando el sistema WaveOne es realizado con una vía de permeabilización previa.

Stern et al, 2012 (Changes in centring and shaping abilities using three nickel-titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography ( $\mu$ CT) en su estudio comparó la habilidad de conformación, de centrado y cambios de volumen entre el sistema ProTaper utilizado hasta la lima F2, Twisted files ambos con movimiento rotatorio continuo y la lima F2 en movimiento recíprocante. Los cuerpos de prueba fueron conductos mesiales de molares inferiores, con curvaturas entre 20 y 45° según Schneider, constituyéndose la muestra de 60 canales y asignándose 20 para cada grupo. Se utilizó la microtomografía computada (GE locus

SP micro CT scanner), en la cual se aplicó la técnica desarrollada por Gambill, 1996, para cuantificar la transportación como el centrado. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la transportación y centrado en ninguno de los tres tercios. Se destaca que los resultados se condicen con los obtenidos en esta investigación y que se aplicó la misma técnica para evaluar la transportación y centrado, solo que Stern lo aplicó sobre secciones obtenidas en microtomografías. Stern tampoco encontró diferencias entre los tiempos empleados en la preparación por los tres sistemas, justificándose este hecho porque la lima F2 en sentido recíprocante, le es más difícil alcanzar la longitud y se necesita una mayor presión apical con movimientos de picoteo, sin embargo, no se realizó la vía de permeabilización previa, lo cual hubiese facilitado la instrumentación posterior con la lima F2 en forma recíproca.

No encontramos estudios que utilizaran la mufla de montaje o cubo endodóntico de Kuttler para comparar los sistemas Protaper Universal y WaveOne, sin embargo hay muchos estudios que comparan otros sistemas de preparación biomecánica en que sí se utiliza tal método (Yang 2007, Paqué 2005, Versümer Gonzalez-Rodriguez 2004, Pilo 1998). Esto explica el porqué actualmente se utiliza como método de estudio la imagenología y reconstrucción en tercera dimensión mediante el sistema de microtomografía, dejando de lado al cubo de Kuttler.

## **IX CONCLUSIONES.**

No hay diferencias significativas entre ambos sistemas en cuanto a la mantención de la anatomía original, trabajando de forma similar a lo largo de todo el canal instrumentado.

El sistema WaveOne resultó más eficiente, al requerir un menor tiempo para la ejecución de la preparación biomecánica, en comparación con el sistema ProTaper Universal.

## X SUGERENCIAS

En relación al marco teórico, la escasa información sobre el sistema WaveOne, debido a su reciente salida al mercado, hizo compleja la obtención de antecedentes para poder obtener el número de muestra requerido para la comparación de sistemas. La dificultad en la estandarización de la muestra, se trató de duplicar la situación in vivo, sin embargo esto impide probar en un ambiente más estandarizado como lo serían los cuerpos de acrílico. En cuanto a la obtención de la muestra, debido a que actualmente los pacientes cada vez son más tendientes a conservar sus dientes y el aumento de alumnos que requieren dientes como el tiempo implicado para efectuar el consentimiento informado hizo que muchas veces las consultas estuviesen reacios a cooperar con el estudio y que la muestra fuese donada a partir de un pool de dientes extraídos. Los medios y recursos limitados que permiten usar tecnología no invasiva y más exacta en la medición como lo constituye el MicroTac, obligó a utilizar el sistema de mufla o cubo endodóntico de Kuttler, el cual no permite observar ni estudiar en su totalidad la conformación antes y después de realizar la PBM en los conductos radiculares, como obtener una reconstrucción 3D o realizar múltiples microcortes.

Debido a la gran cantidad de etapas que requiere la metodología del cubo de Kuttler para llegar a los resultados, está sujeto a múltiples factores que pudiesen llevar a errores, así como el tiempo involucrado en éste, hace poco predecible el tiempo empleado en su ejecución.

En caso de querer realizar nuevamente la metodología del cubo endodóntico de Kuttler, se sugiere montar los dientes estableciendo previamente hacia qué lado del cubo quedará una determinada cara asignada. Registrar en qué cubo (en caso de contar con más de un cubo) fue montado el diente, de manera de volver a reposicionarlo en el mismo cubo. También que las marcas de identificación de los cortes, sean con plumón permanente. Las raíces montadas en acrílico deben quedar lo más coronal al cubo, de tal forma que quede una base de acrílico suficiente, que sirva de sujeción a la base del disco de corte.

Se sugiere realizar otros estudios que corroboren la información obtenida a través de esta investigación, así como realizarla con implementos más adecuados como la microTomografía.

## XI RESUMEN

Objetivo.

Comparar la eficiencia en la PBM usando dos sistemas de instrumentación rotatoria: ProTaper Universal v/s WaveOne.

Materiales y métodos.

Se trabajó con muestra de 26 dientes, instrumentándose 30 conductos que tuviesen curvatura superior a 10° y menor a 48°, diámetro apical inicial correspondiente a una lima K10 ó K15 y radio de curvatura mayor a 5 mm. Se dividieron en 2 grupos: ProTaper Universal y WaveOne. Los dientes fueron montados en un sistema de mufla y luego se realizaron 3 cortes, en tres secciones: coronal, medio y apical. Se evaluó la capacidad de centrado y transportación midiendo en fotografías digitales utilizando los software Autocad 2007 y Photoshop CS5. Los resultados fueron analizados con el test para datos no paramétricos Wilcoxon para las secciones coronal y media, y con el test t –student para la sección apical empleando el software Stata SE 12 (Statacorp), fijándose un nivel de significancia de p 0.05.

Resultados.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la transportación de los canales instrumentados y la capacidad de centrado entre ambos sistemas. Existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto al tiempo empleado.

Conclusión.

WaveOne es más eficiente que ProTaper Universal, debido a que alcanza el mismo resultado en menor tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** ProTaper Universal, WaveOne, preparación biomecánica, transportación, capacidad de centrado.

## XII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baumgartner C., Mader C.A Scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics* 1987, 13: 147-157.
2. Beer R., Baumann MA. Kim S. (1998) Anatomía. Atlas de Endodoncia. Editorial Masson, págs. 47-58).
3. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal* 35: 820-8.
4. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Catelucci A, Pasqualini D. Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files. *Journal of Endodontics* 2011, 37:1687-1690.
5. Berutti E., Chiandussi MS, Paolino DS, Scotti N., Cantatore G., Castelucci A., Pasqualini D. Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A Comparative Study. *Journal of Endodontics* 2012, 38 (4): 505-509.
6. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovise M, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Root Canal Anatomy Preservation of WaveOne Reciprocating Files with or without Glide Path. *Journal of Endodontics* 2012, 38: 101-104.
7. Burklein.S, Hinschitzka.K, Dammaschke.t, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and Protaper. *International Endodontic Journal* 2011, Dec 22.
8. Bystrom A & Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal* 1985 18 (1): 35-40.
9. Canalda C. y Brau E. 2da Edición (2006) Endodoncia -Técnicas y Bases científicas, págs 166-169,187.
10. Davis RD, Marshall JG, Baumgartner JC. Effect of early coronal flaring on working length change in curved canals using rotary nickel-titanium versus stainless steel instruments. *Journal of Endodontics* 2002, 28: 438-442.
11. Estrela C, Bueno R, Sousa-Neto M, Pécora J. Method for determination of root curvature radius using Cone- Beam Computed Tomography images. *Brazilian Dental Journal* 2008, 19 (2): 114-118.

12. Gambill JM, Alder M, del Rio Ce. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of Endodontics* 1996, 22: 369-375.
13. Glossen Cr, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni –Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 1995, 21: 146-151.
14. Gulavibala K, Nq YL, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement* 2010, 31: 49-84.
15. Hülsmann M., Peters O. & Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 2005, 10: 30-76.
16. Kuttler S., Garala M., Perez R., Dorn SO. The Endodontic Cube: A system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *Journal of Endodontic* 2001, 27 (8): 533-536.
17. Lasala A. (1992) Anatomía pulpar y de los conductos radiculares. En: *Endodoncia*. 4ª Edición. Editorial Salvat, Barcelona, págs. 5-15.
18. Leonardo MR (2005) Anatomía interna de los dientes (Relaciones con el acceso coronal y con el tratamiento de los conductos radiculares). *Endodoncia: tratamiento de conductos radiculares*. Editorial Artes Médicas, Latinoamericana, Sao Paulo. Vol 1, págs 365- 397.
19. Letters S., Smith AJ, McHugh S., Bagg J. (2005) A study of visual and blood contamination on reprocessed endodontic files from general dental practice. *British Dental Journal* 199: 522-5.
20. Li UM, Lee BS, Shih CT, Lan WH, Lin CP. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and Dynamic tests. *Journal of Endodontics* 2002, 28: 448-451.
21. Milani Ribeiro E, Silva-Sousa Y, Souza-Gabriel A, Sousa-Neto M, Torales Lorencetti K & Correa Silva S. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microcopy Research and Technique* 2011.
22. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *International Endodontic Journal* 2005, 38: 8-16.

23. Paqué F, Gahanl D, Peters OA (2009) Effects of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary NiTi instruments. *International endodontic Journal* 38: 1056-1058.
24. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel titanium endodontic instruments after clinical use. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 722-725.
25. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 722-5.
26. Pilo R., DMD, Corcino G., Tamse D. Residual Dentin Thickness in Mandibular Premolars Prepared with Hand and Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 1998, 24: 401-403.
27. Plotino G, Grande N, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel –titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics* 2009, 35: 1469-1476.
28. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics* 1985; 11: 203-211.
29. Schäffer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel-Titanium instruments. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 757-763.
30. Schäffer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel- titanium instruments: PrtoTaper versus RaCe. Part 1: relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *J Endod* 2009; 35: 129-32.
31. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America* 1974, 18: 269-296.
32. Shishir Shetty & SureshChandra B. *Endodontology*, 2009; 21: 53-66.
33. Schneider K, Korkmaz Y, Addicks K, Lang H, Raab WH-M. Prion protein (Prp) in human teeth: an unprecedented pointer to PrP’s function. *Journal of Endodontics* 2007, 33:110-113.

34. Siqueira JF Jr, Roças IN, Rosado AS. Investigation of bacterial communities associated with asymptomatic endodontic infections by denaturing gradient gel electrophoresis fingerprinting approach. *Oral Microbiology and immunology* 2004; 19: 363-370.
35. Soares I., y Goldberg F., (2002). Acceso al conducto radicular. *Endodoncia: Técnica y Fundamentos*. Pág. 62. Editorial Panamericana. Madrid, España.
36. Solaiman M. Al-Hadlaq, Khalid H. Almadi , Ali T. Alaqla, Nassr S. Al-Maflehi, Abdulaziz M.A. Albaker. Adoption of new endodontic technology by dental practitioners in Saudi Arabia. *King Saud University Journal of Dental Sciences* 2011; 2: 7–11.
37. Sushma J, Prashant J. Newer root canal irrigants in horizon: a review. *International Journal of Dentistry* 2011 vol. 2011, Article ID 851359, 9 pages, 2011.
38. Varela –Patiño P, Martin Biedma B, Rodriguez Nogueira J, et al. Fracture rate of nickel titanium instruments using continuous versus alternating rotation. *Endodontic Practice Today* 2008; 2: 193-197.
39. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL & Martin-Biedma B. Alternating versus continuous Rotation: A Comparative study of the effect on instrument life. *Journal of Endodontics* 2010, 36: 157-159.
40. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *International Endodontic Journal* 2002, 35: 37-46.
41. Ullmann CJ, Peters OA. Effects of cyclic fatigue on static fracture loads in Protaper nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontic* 2005; 31: 183-186.
42. Vaudt.J, Bitter.K, Kielbassa.M. Evaluation of rotary root canal instruments in vitro: a review. *ENDO (London)* 2007, 1: 189-203.
43. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and apical foramen shape. *Journal of Endodontic* 1975; 1: 255-262.
44. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle CJ, West JD: The WaveOne single-file reciprocating system, *Roots* 2011, 1:28-33.
45. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International Endodontic Journal* 2008, 41: 339-344.

46. Yang G.B, Zhou X.D., Zheng Y.L, Zhang H., Shu Y., Wu H.K. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal* 2007, 40: 707-714.
47. Young.GR, Parashos.P, Messer.HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal Endodontic Supplement* 2007; 52: 1.

### XIII ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado.

Estudiantes de la carrera de Odontología de la Universidad de Valparaíso lo invitan a participar del proyecto de Tesis: “*Estudio comparativo in vitro de la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares entre dos sistemas: ProTaper Universal y WaveOne*”.

Este documento se dirige a pacientes de \_\_\_\_\_ y tiene por objeto proporcionar toda la información necesaria para que quien lo lea decida participar o no en la investigación.

Existen numerosos sistemas rotatorios en el mercado para la preparación de conductos. Recientemente apareció una nueva modalidad en el giro del movimiento de la lima. Es por ello que es necesario comparar si el movimiento alterno supone una ventaja al movimiento continuo de la lima.

**Objetivo:** Comparar el sistema WaveOne v/s Protaper Universal en cuanto a la conformación del sistema de conductos en dientes recientemente extraídos.

La participación en este estudio no supone ningún procedimiento que demore la atención del paciente. Tampoco implica algún riesgo. Los dientes donados serán destinados a la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso, donde serán utilizados.

La participación de este estudio no supone ningún tipo de beneficio económico para el paciente, como tampoco implica algún costo para él. El beneficio real obtenido será para el bien común, pues se espera rescatar información útil para el conocimiento de las nuevas herramientas disponibles para una mejor atención de los pacientes.

Los datos obtenidos serán de total confidencialidad, los resultados serán utilizados eventualmente de forma anónima en algún medio científico.

El participante podrá contactarse con Belen Barra al correo [belenamparo@gmail.com](mailto:belenamparo@gmail.com) para recurrir en caso necesario.

El consentimiento del paciente permite la posibilidad de retirarse de la investigación.

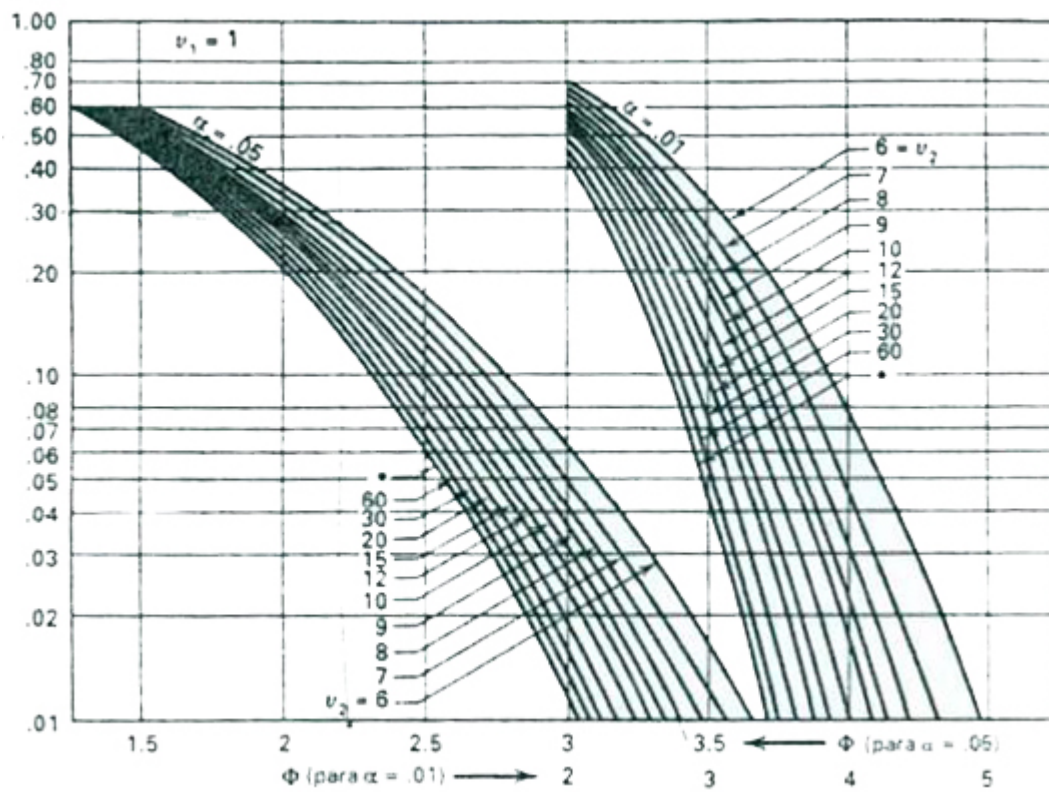
Yo, \_\_\_\_\_  
declaro haber sido informado del objetivo del estudio y de forma voluntaria he decidido participar.

Fecha: .....

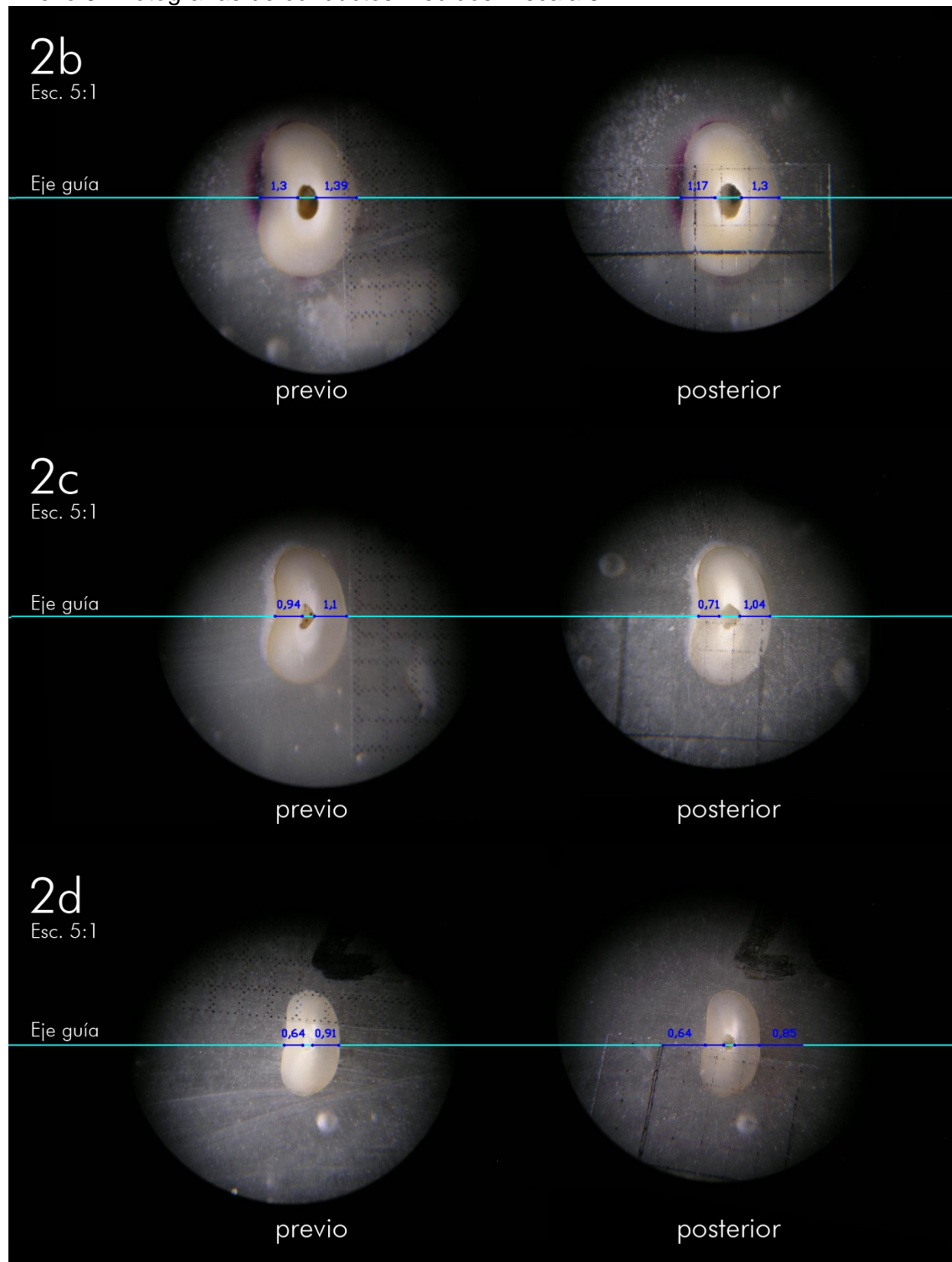
Firma:.....

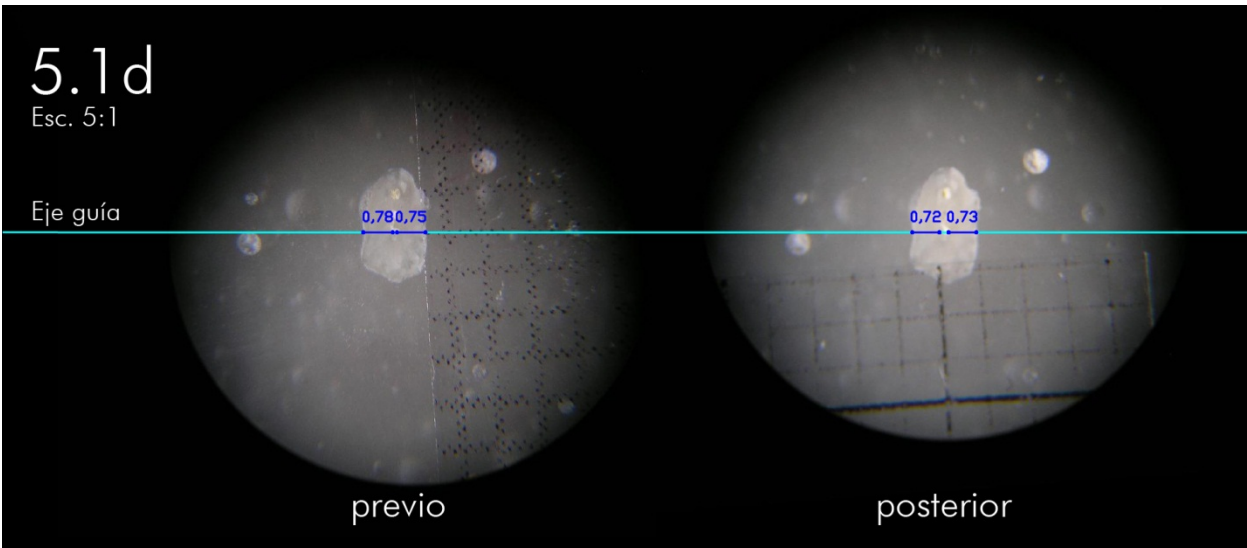
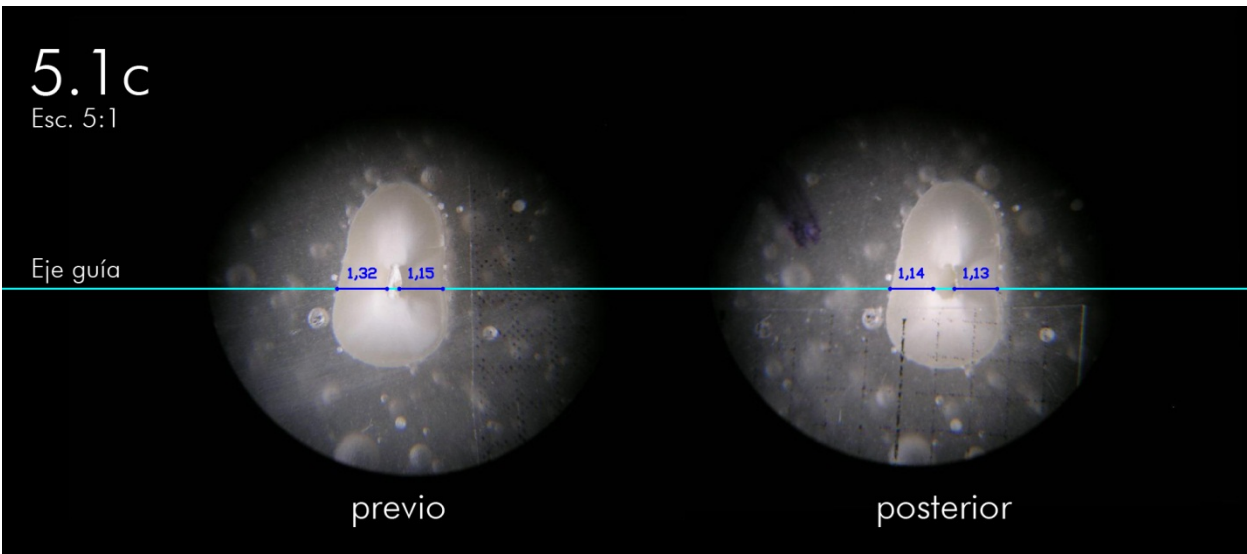
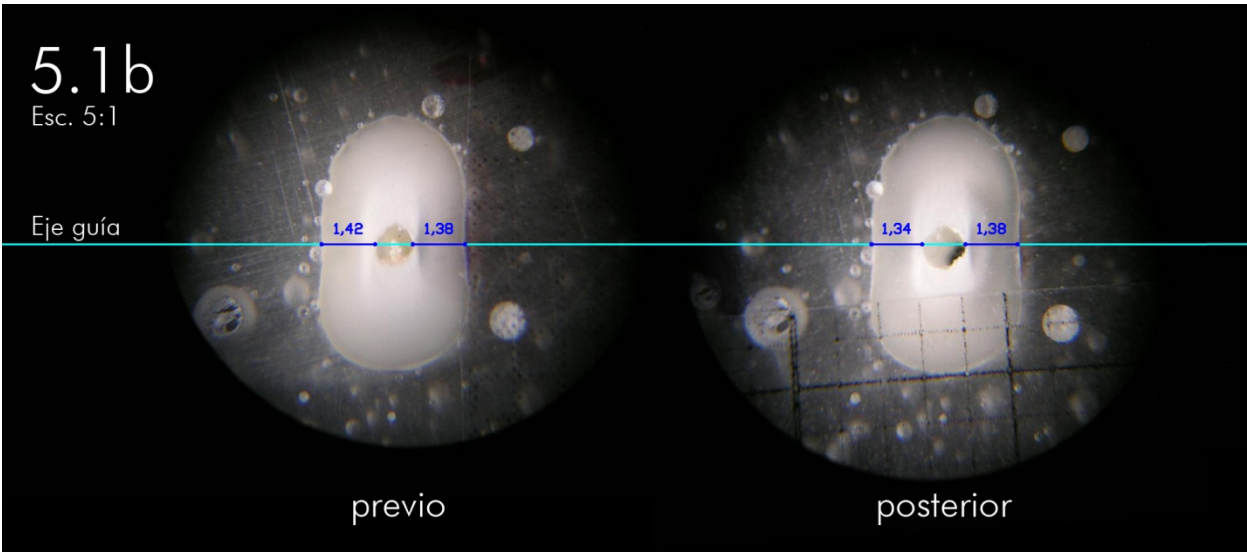
## Anexo 2: Curvas características de Operación.

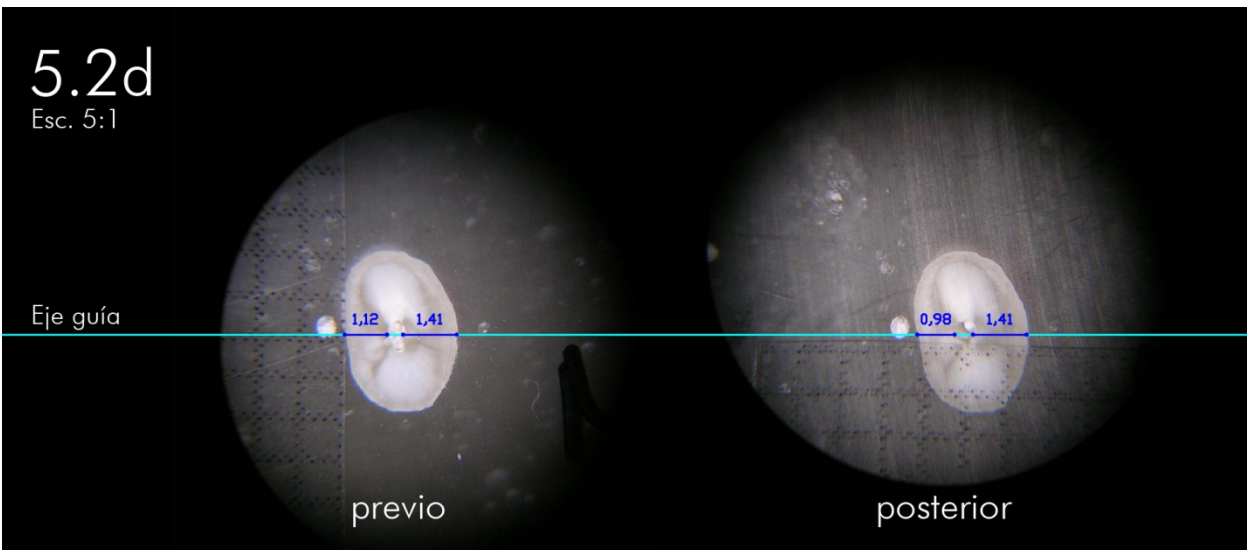
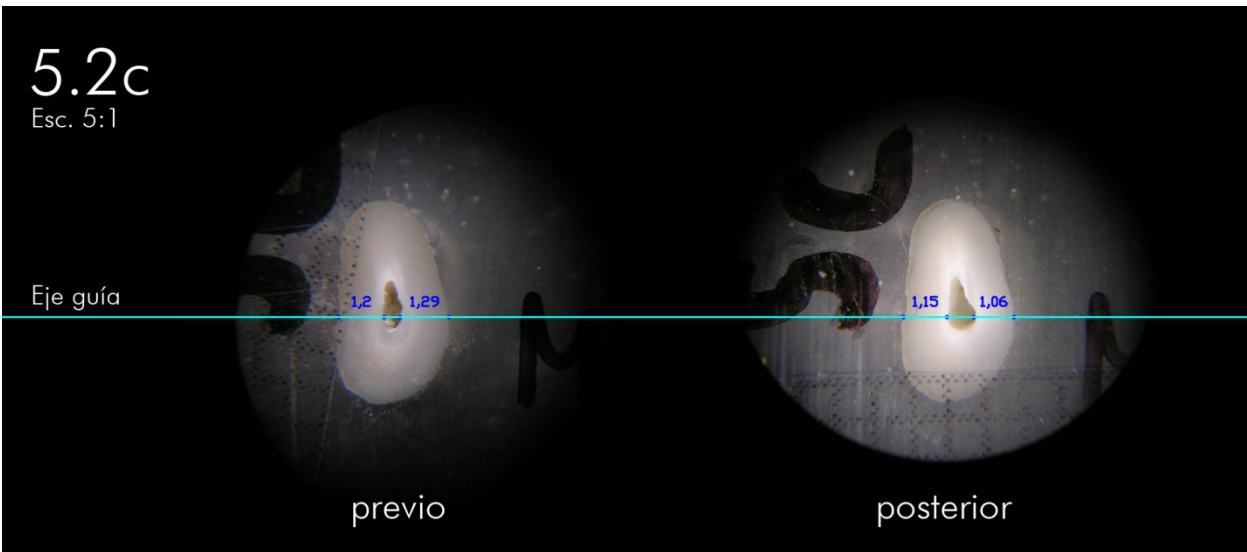
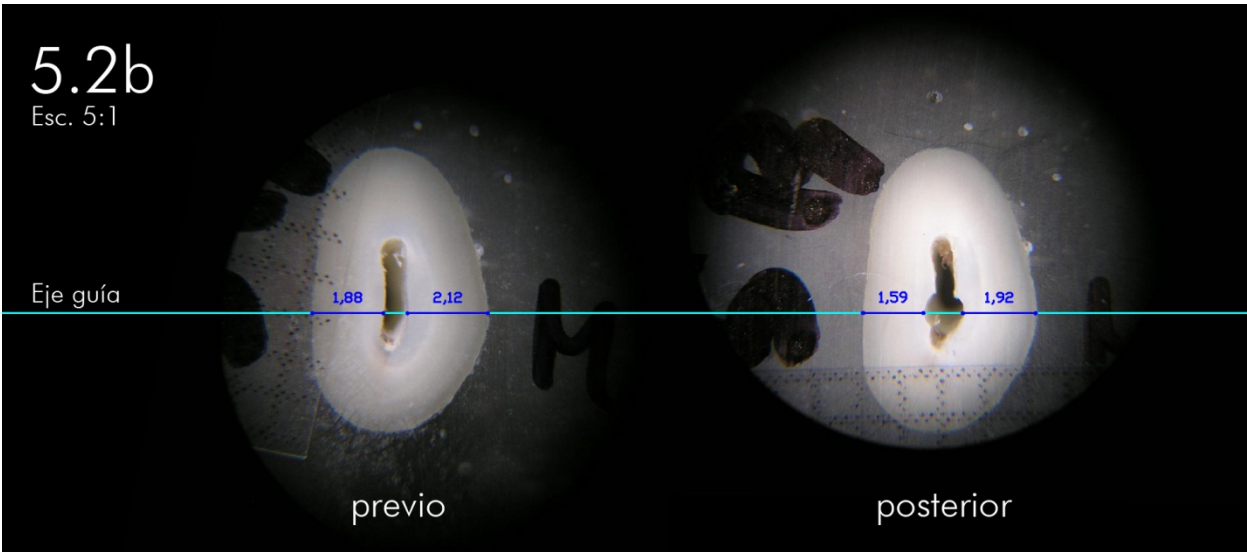
Son curvas que ayudan a determinar el tamaño mínimo de muestra por grupo cuando se evalúa solo un factor, los grados de libertad del numerador dependen de la cantidad de grupos a comparar ( $v_1 = N^\circ \text{ grupos} - 1$ ) y los grados de libertad del denominador dependen de la cantidad de observaciones que se quieran evaluar, a continuación se muestra la curva característica cuando se tiene 1 grado de libertad del numerador:



Anexo 3 : Fotografías de conductos medidos. Escala 5:1.



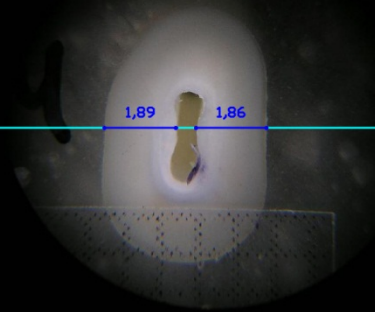




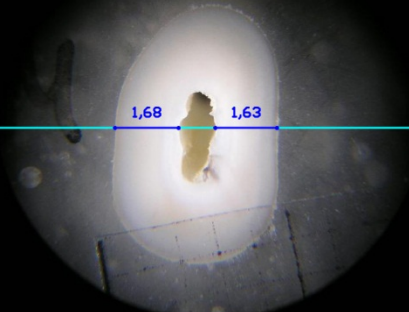
7b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

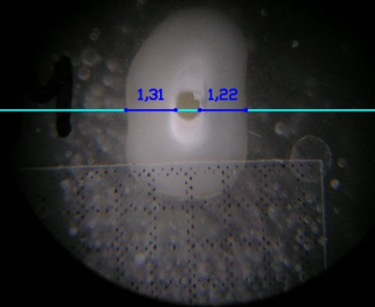


posterior

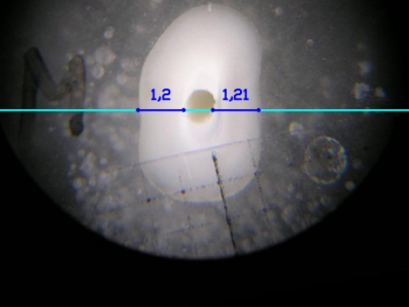
7c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

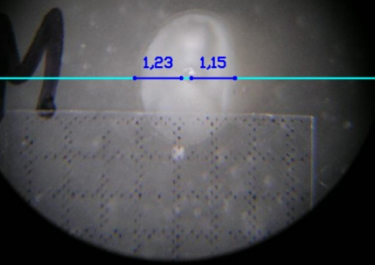


posterior

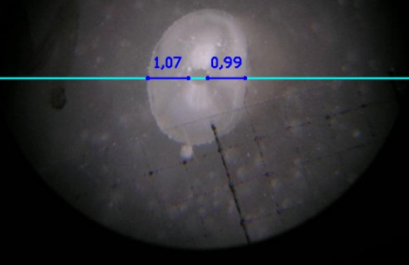
7d

Esc. 5:1

Eje guía



previo

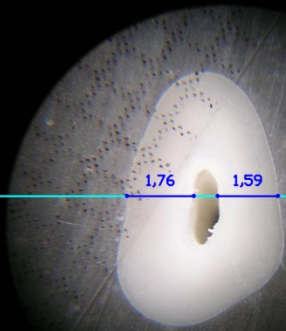


posterior

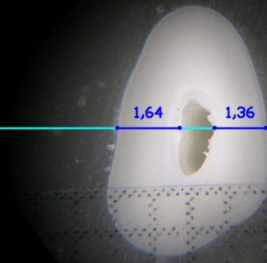
9b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

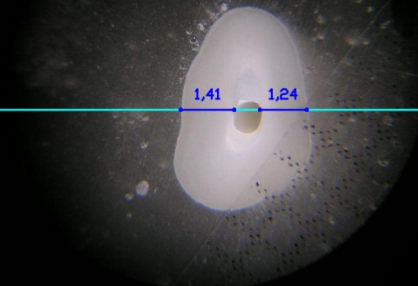


posterior

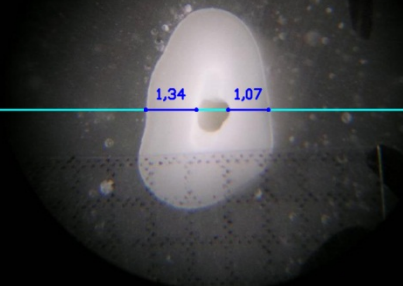
9c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

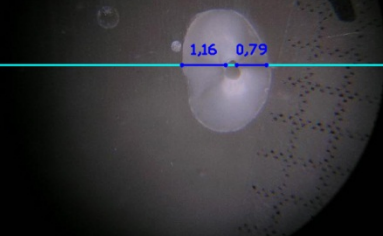


posterior

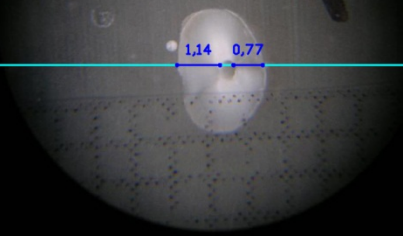
9d

Esc. 5:1

Eje guía



previo

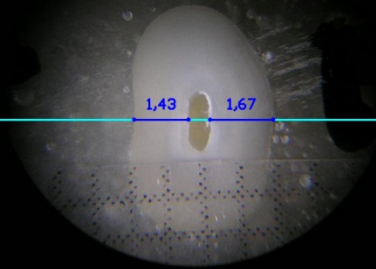


posterior

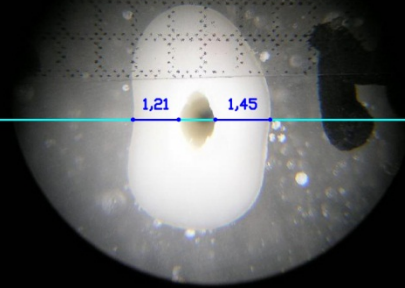
14b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

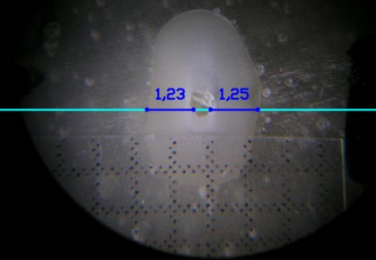


posterior

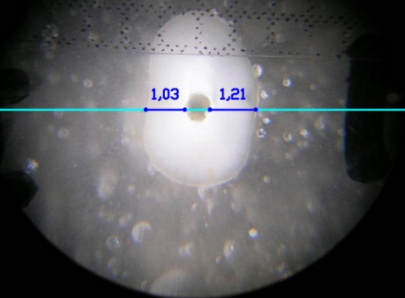
14c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

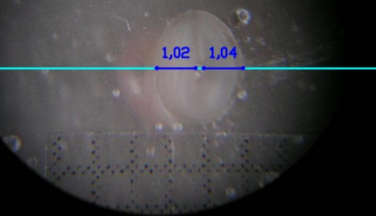


posterior

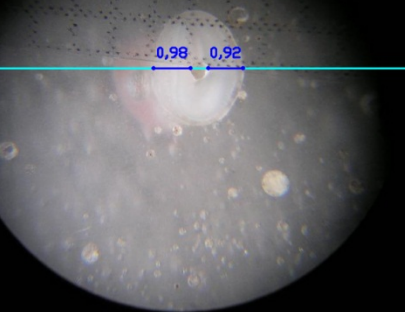
14d

Esc. 5:1

Eje guía



previo

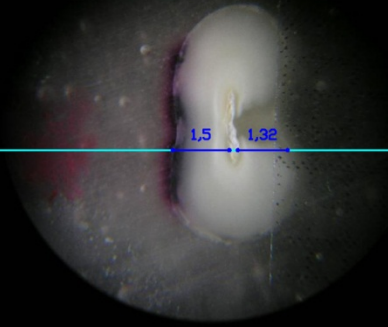


posterior

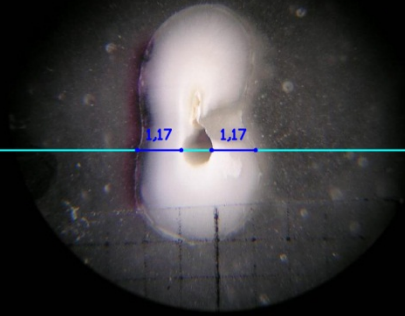
16b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

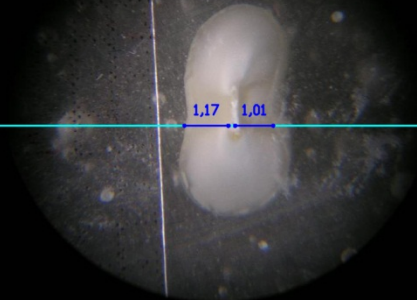


posterior

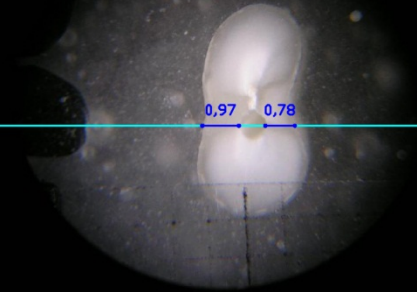
16c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

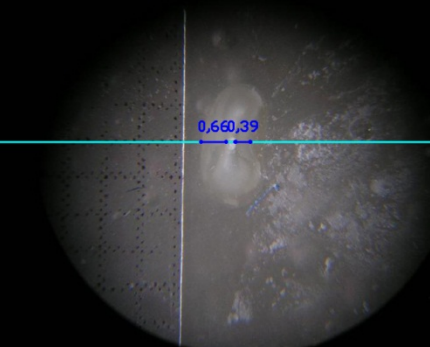


posterior

16d

Esc. 5:1

Eje guía



previo



posterior

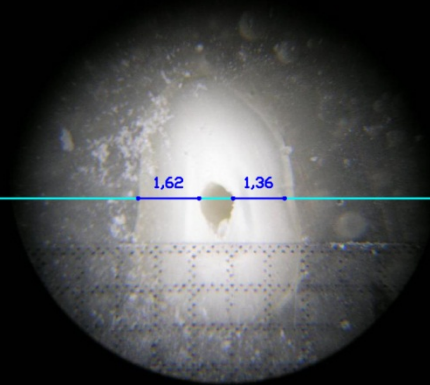
18b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

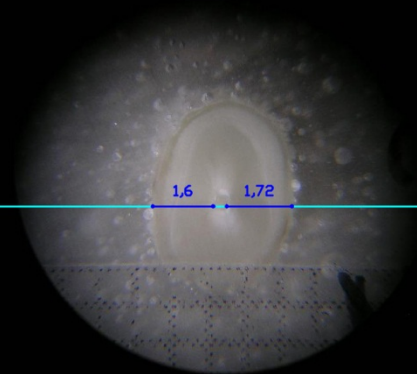


posterior

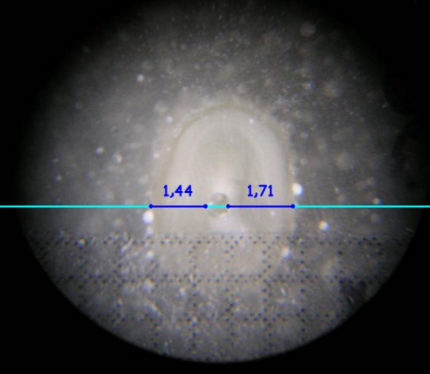
18c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

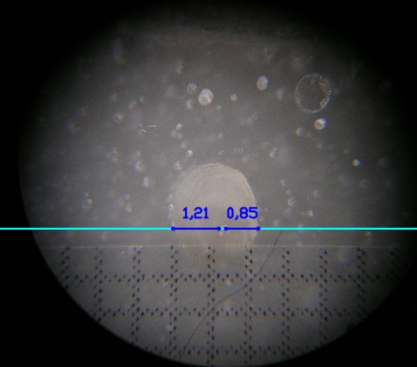


posterior

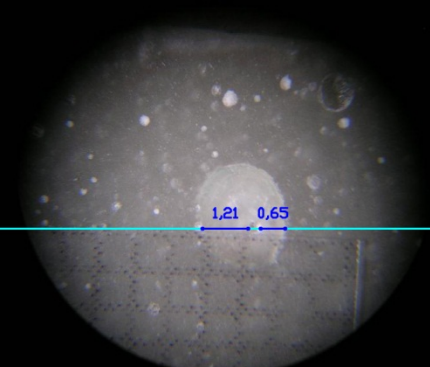
18d

Esc. 5:1

Eje guía



previo

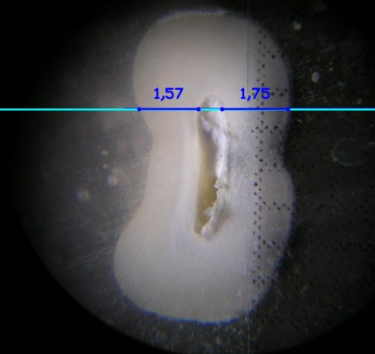


posterior

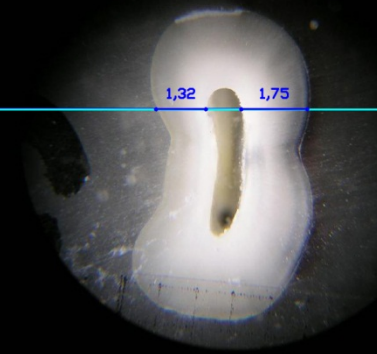
23b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

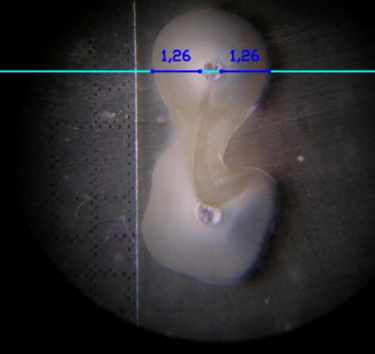


posterior

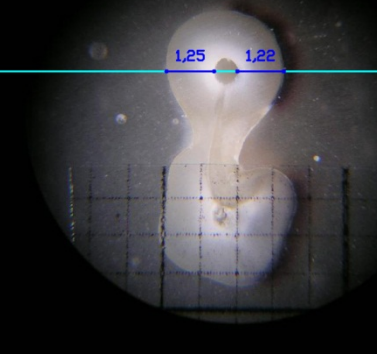
23c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

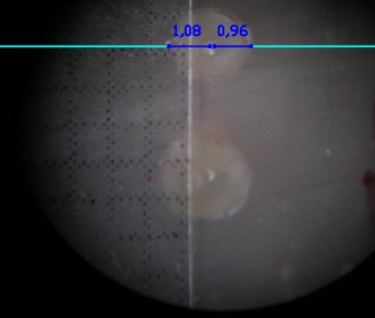


posterior

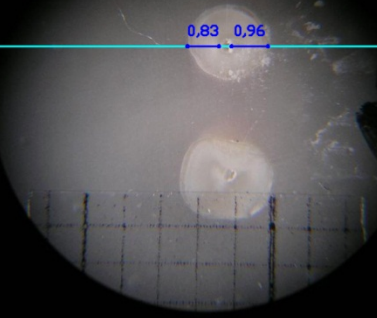
23d

Esc. 5:1

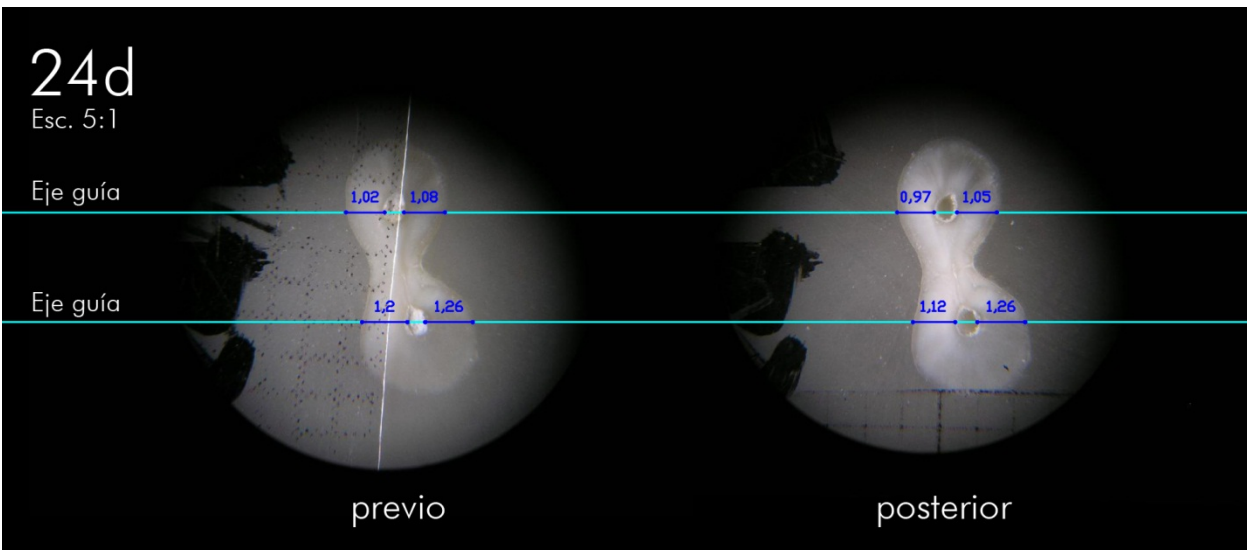
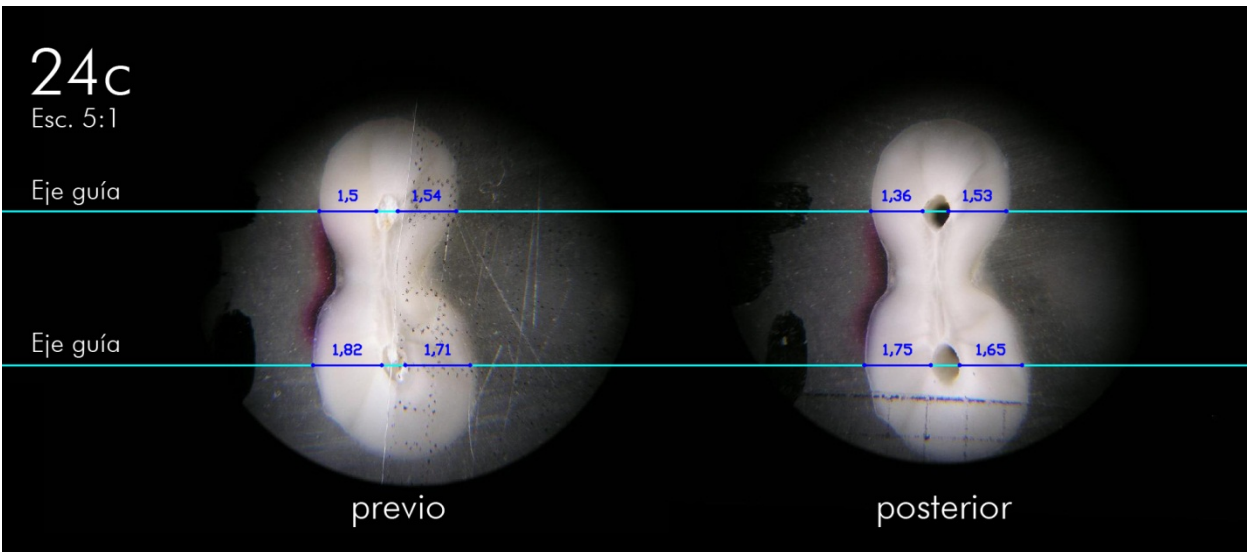
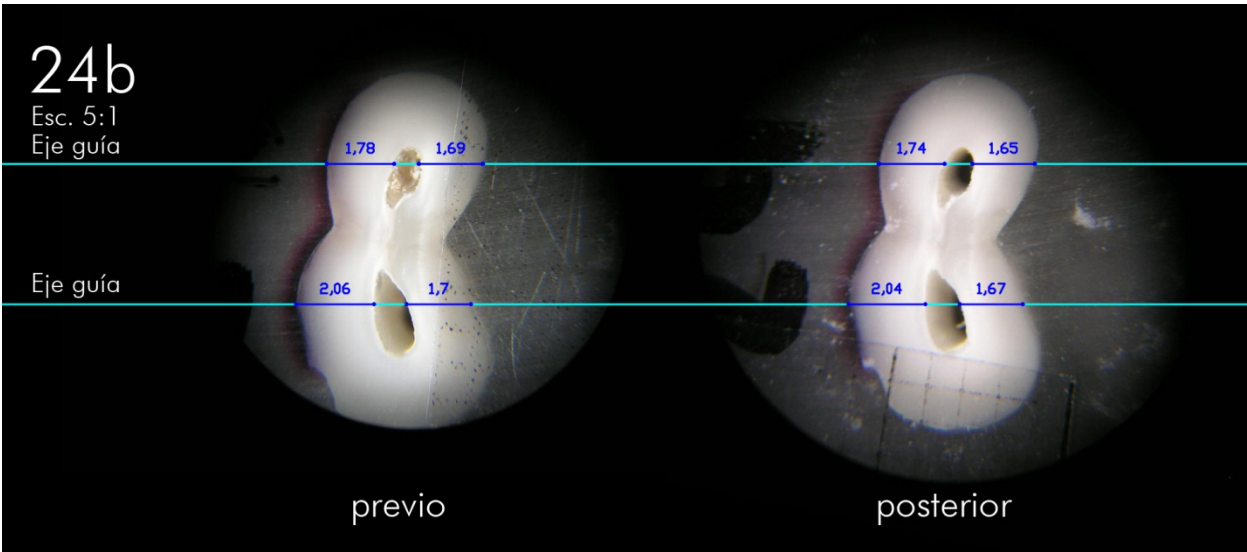
Eje guía

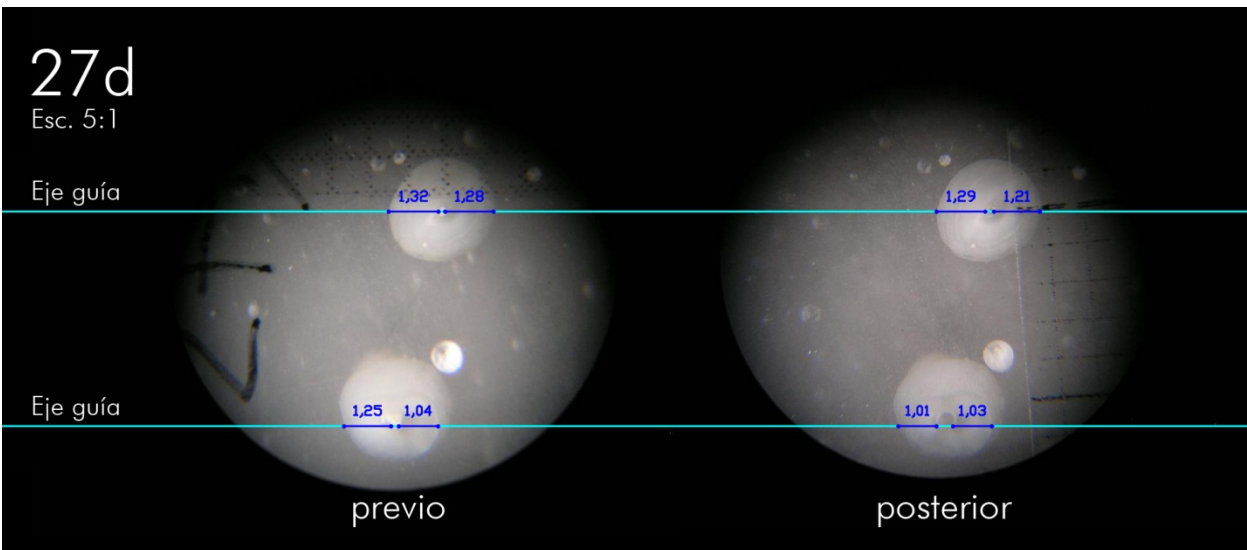
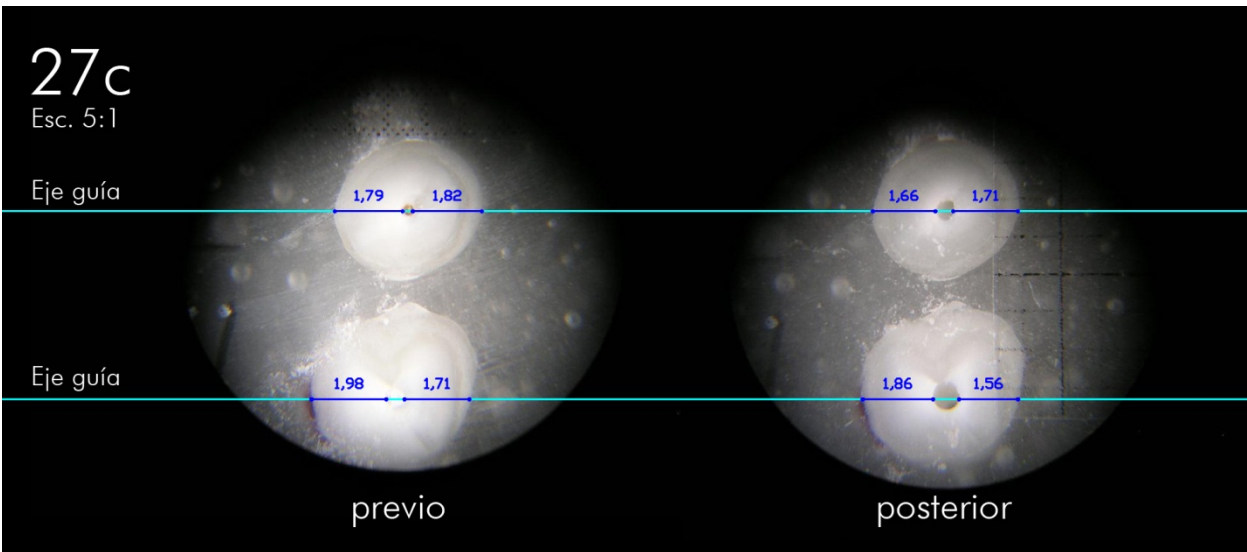
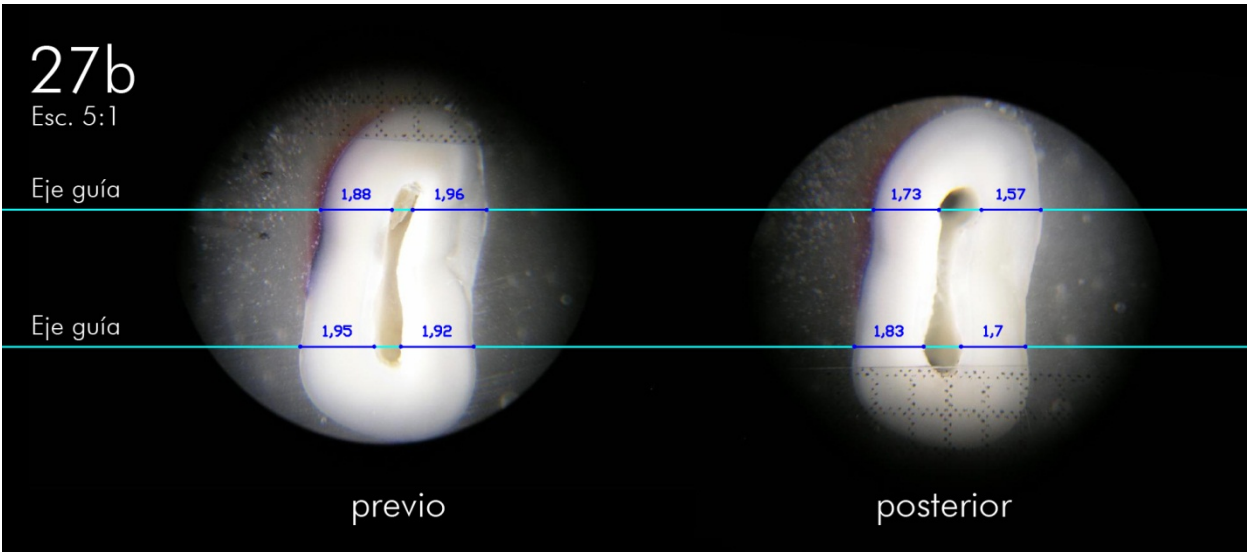


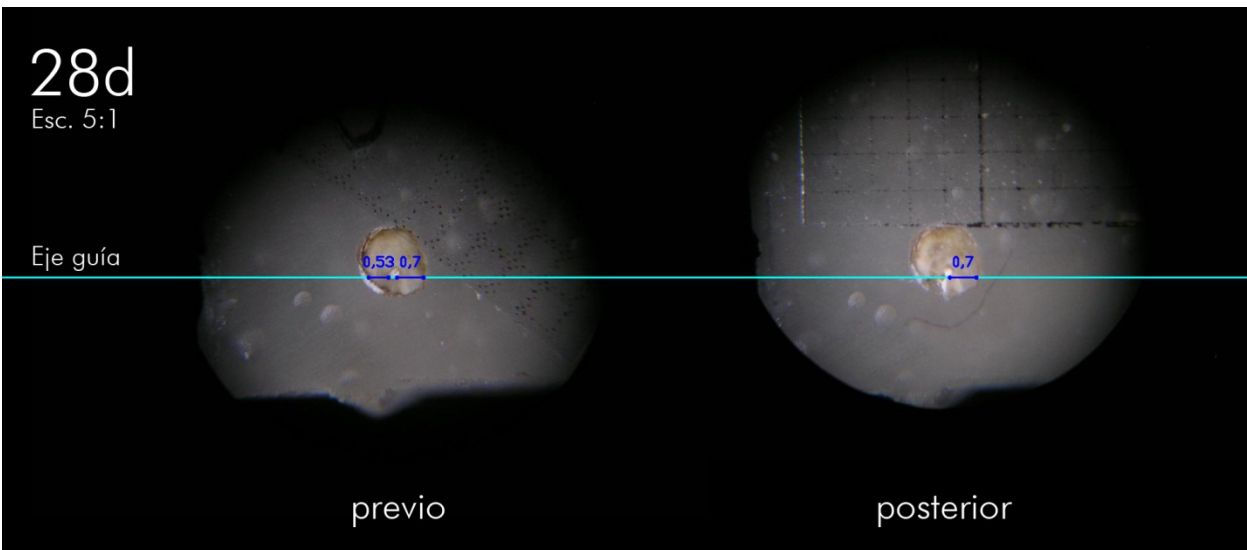
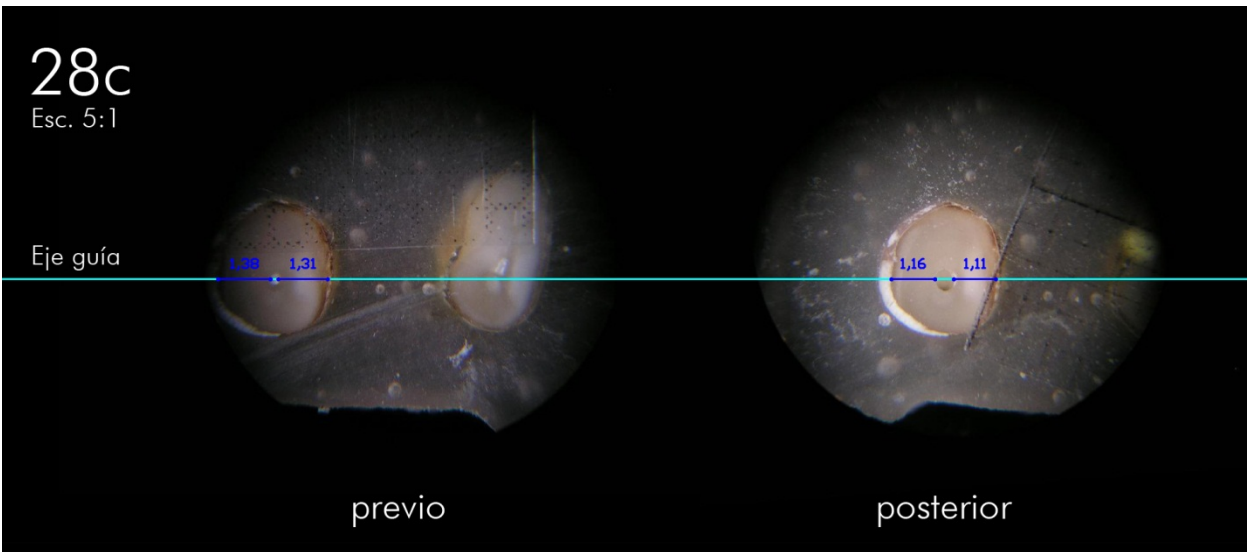
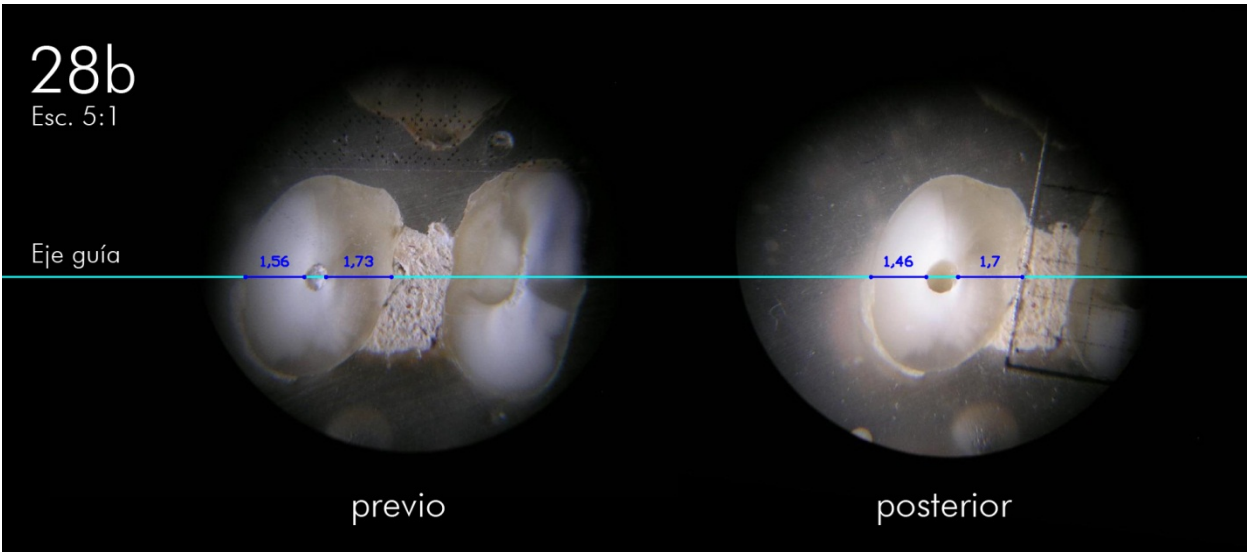
previo



posterior







29b

Esc. 5:1

Eje guía

1,68 1,64

1,64 1,58

Eje guía

1,68 1,73

1,64 1,73

previo

posterior

29c

Esc. 5:1

Eje guía

1,16 1,57

1,01 1,49

Eje guía

1,32 1,08

1,19 1,06

previo

posterior

29d

Esc. 5:1

Eje guía

0,64 0,75

0,64 0,64

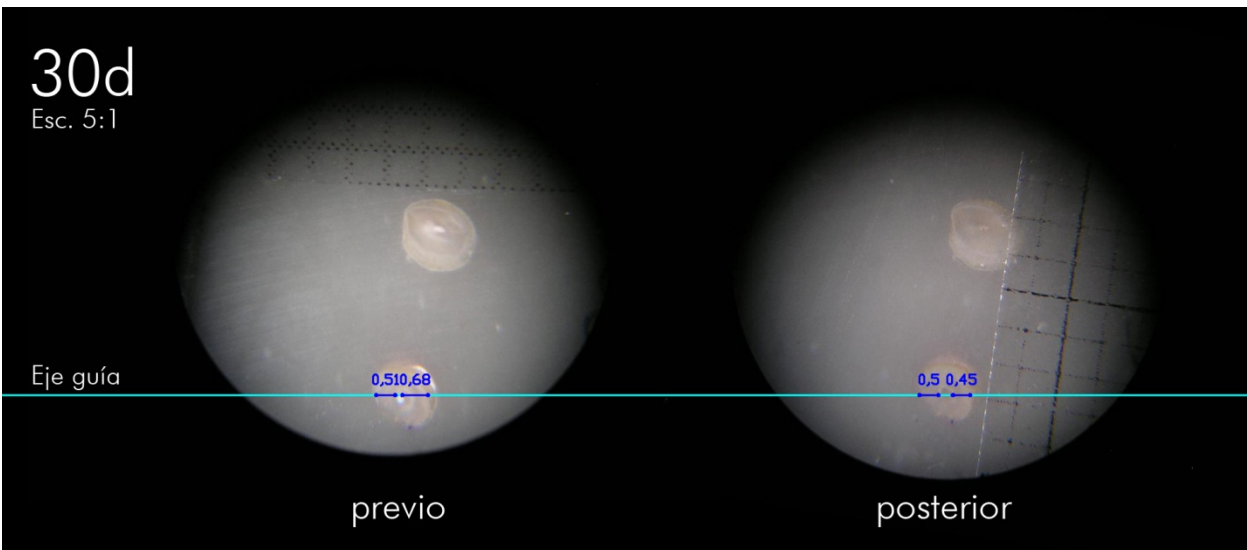
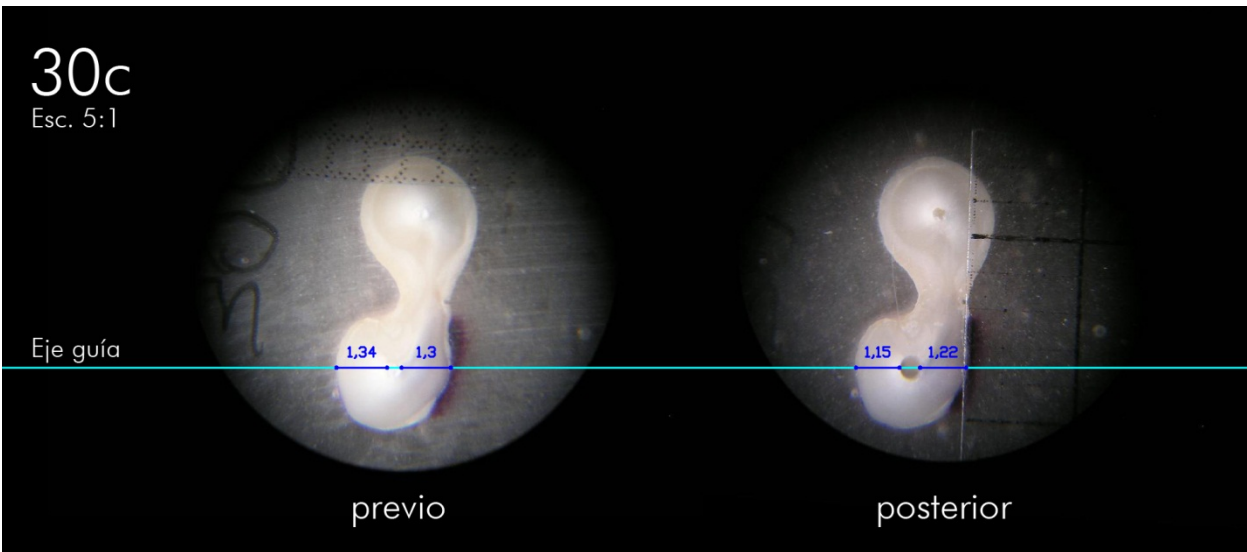
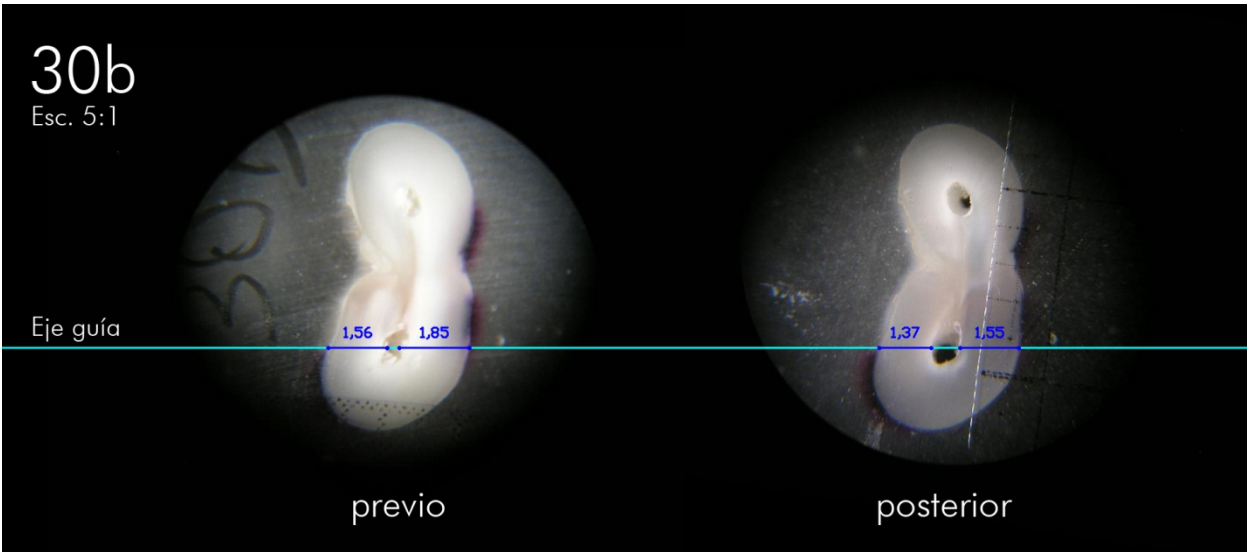
Eje guía

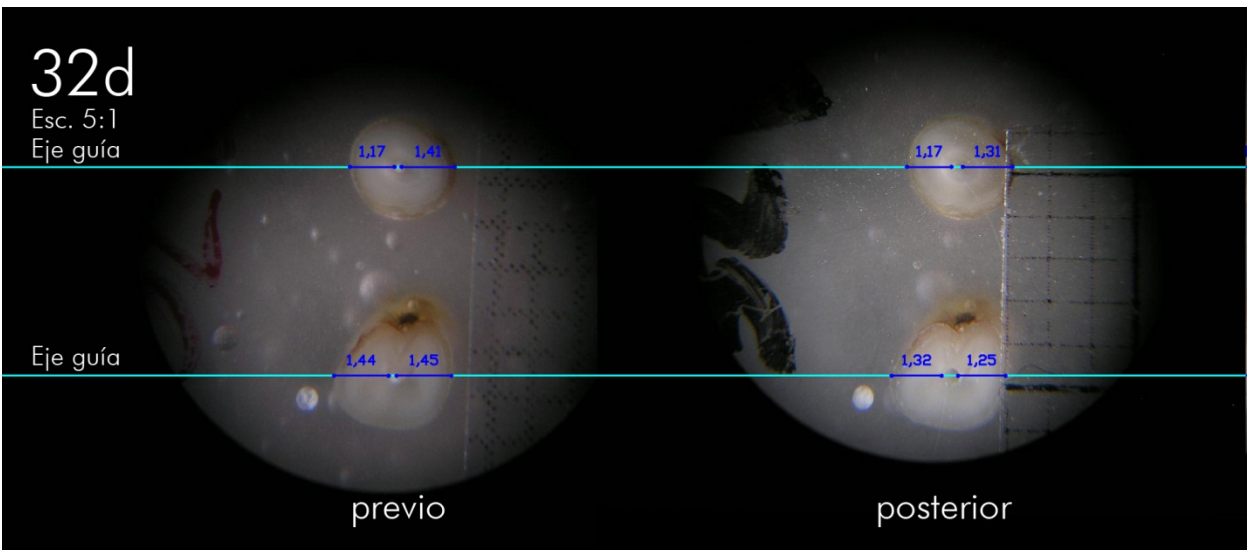
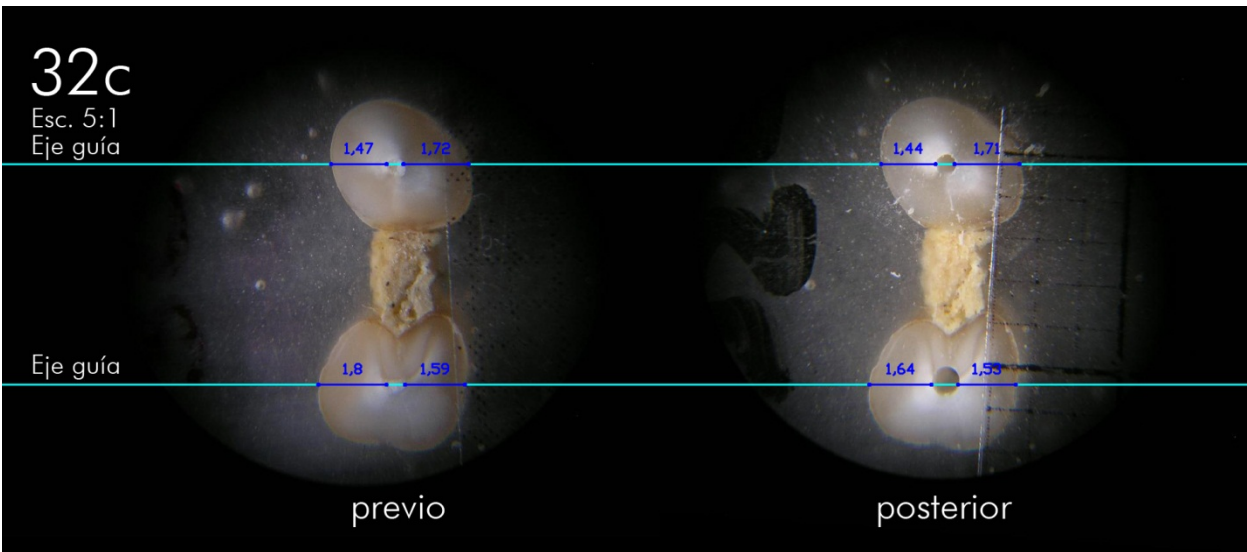
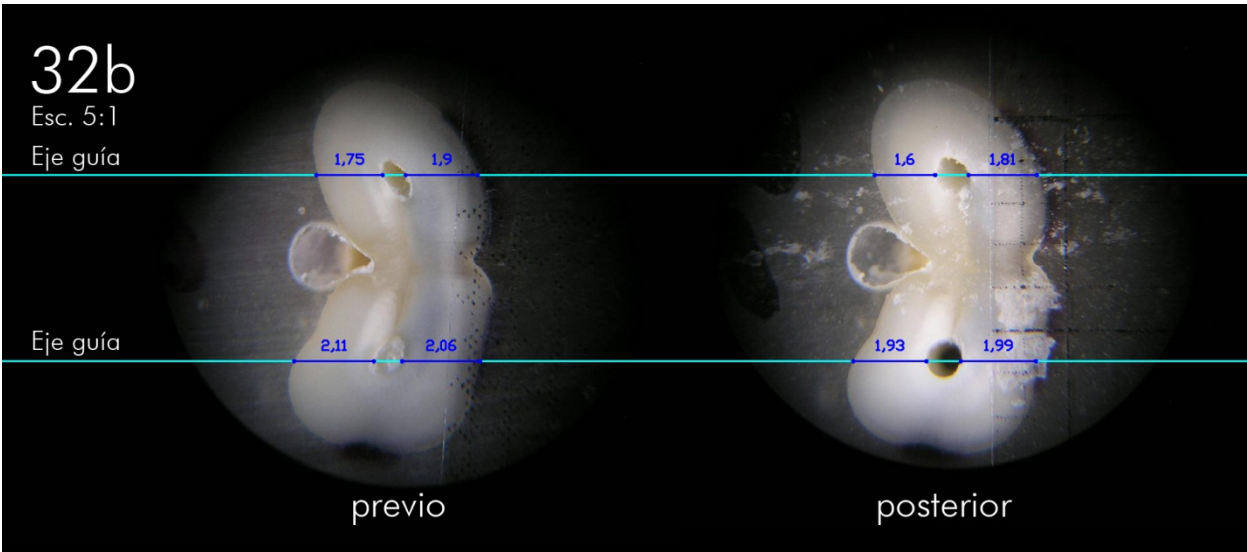
0,77 0,86

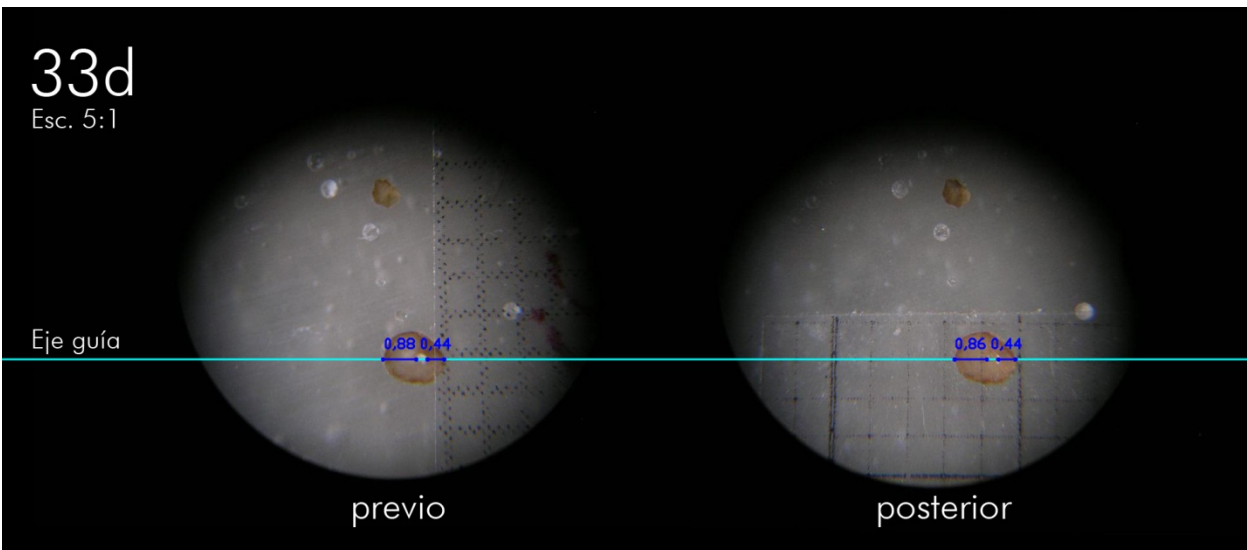
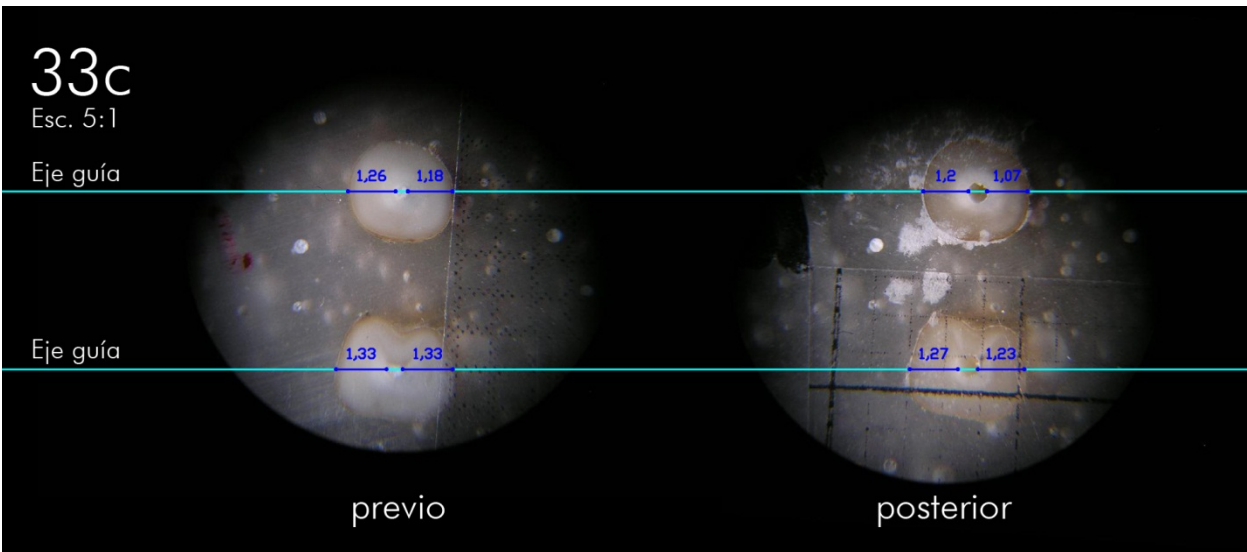
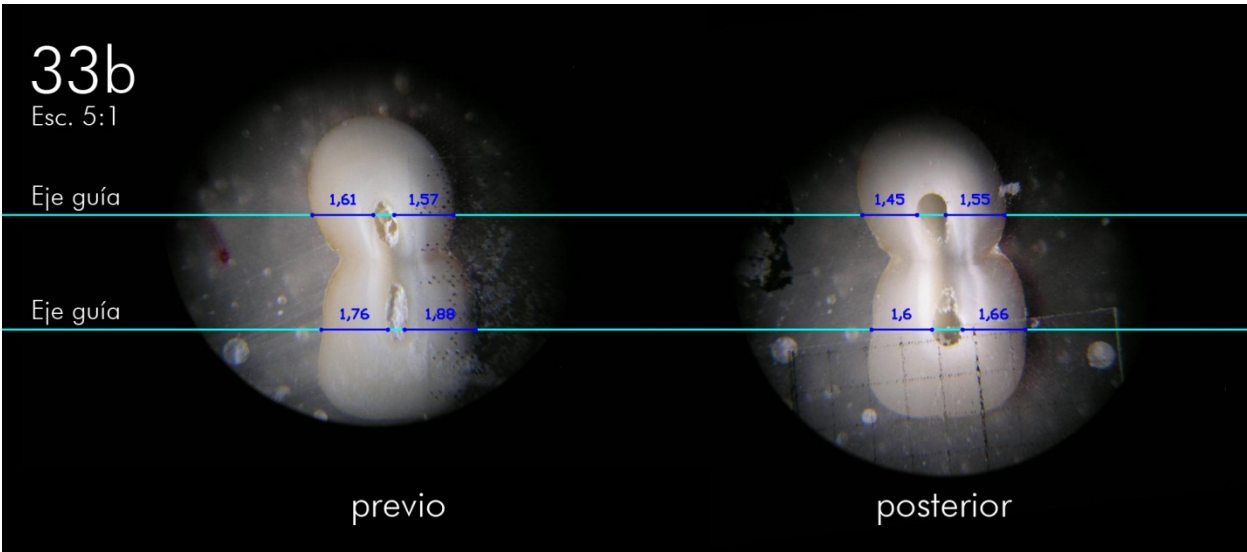
0,74 0,67

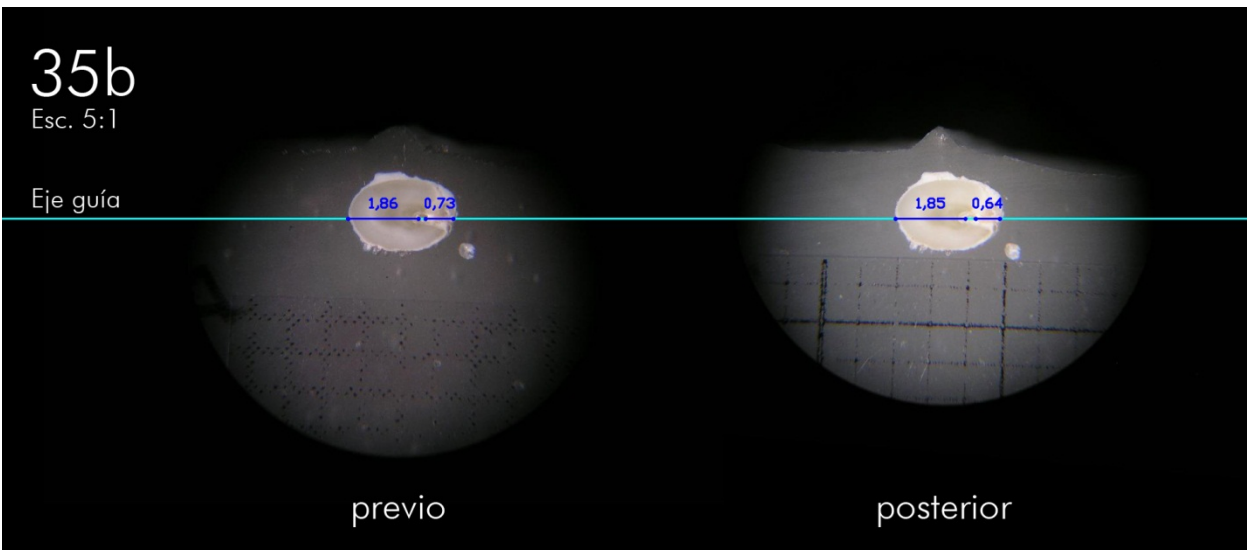
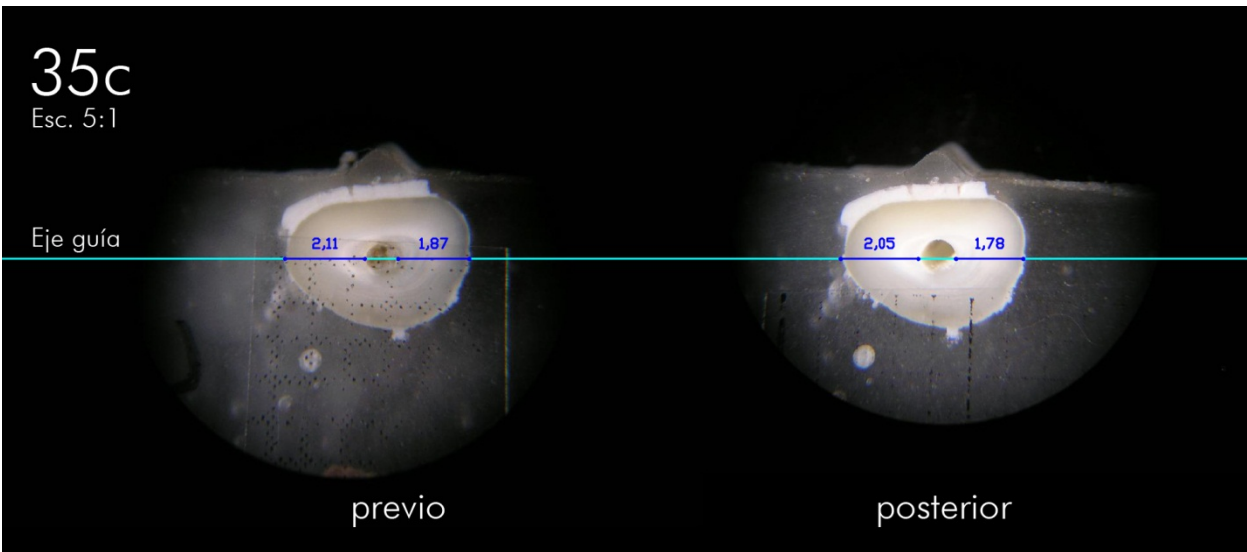
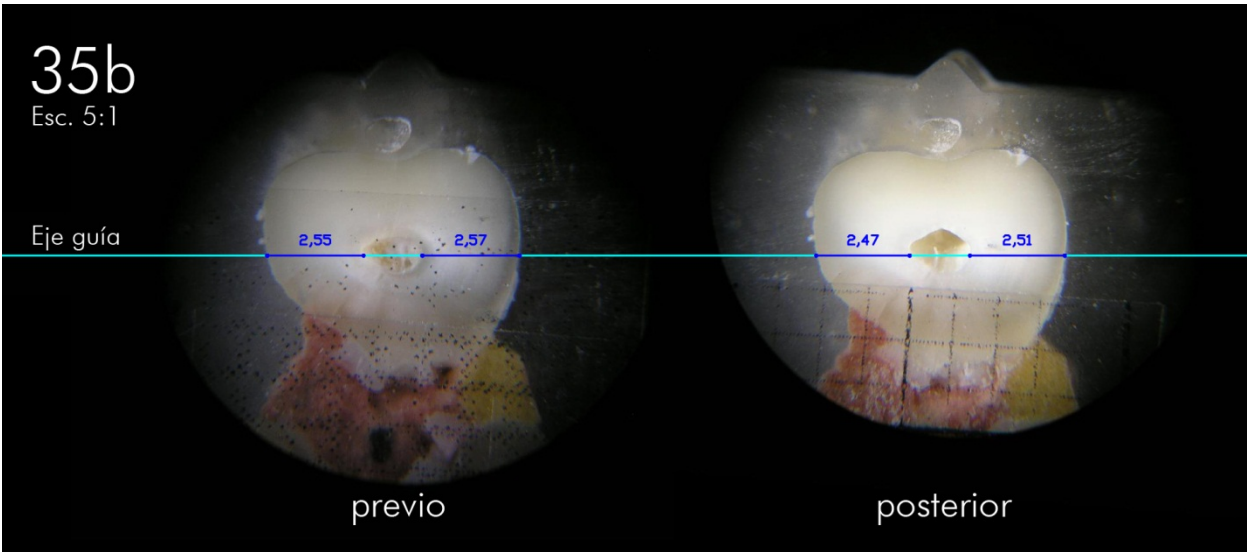
previo

posterior





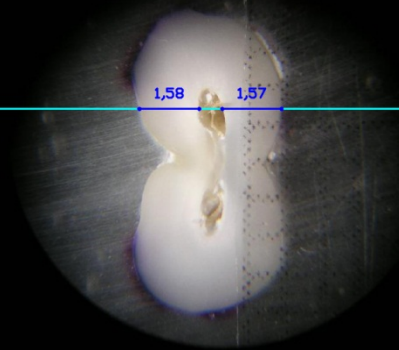




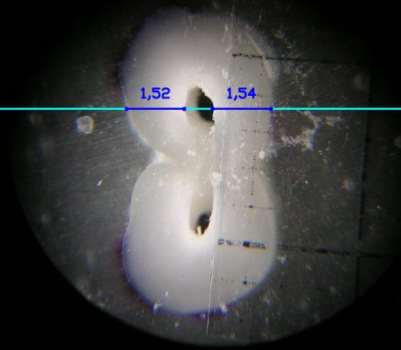
36b

Esc. 5:1

Eje guía



previo

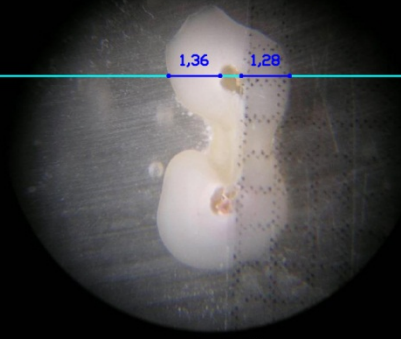


posterior

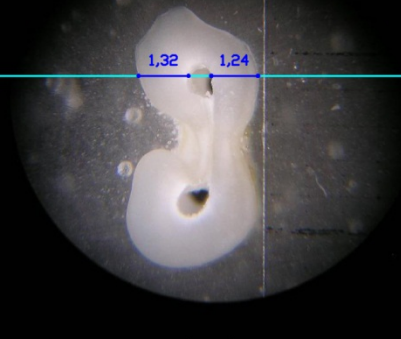
36c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

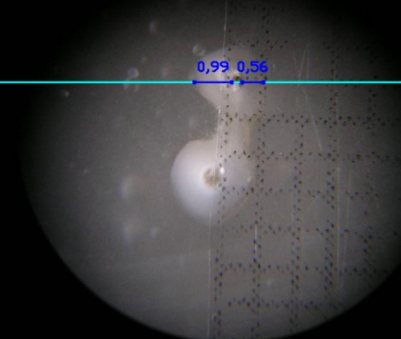


posterior

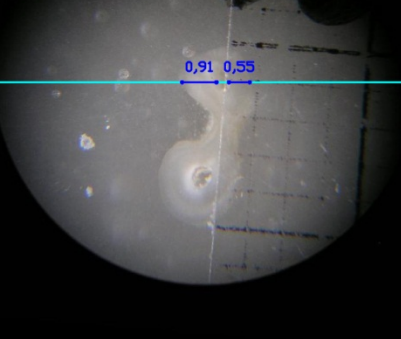
36d

Esc. 5:1

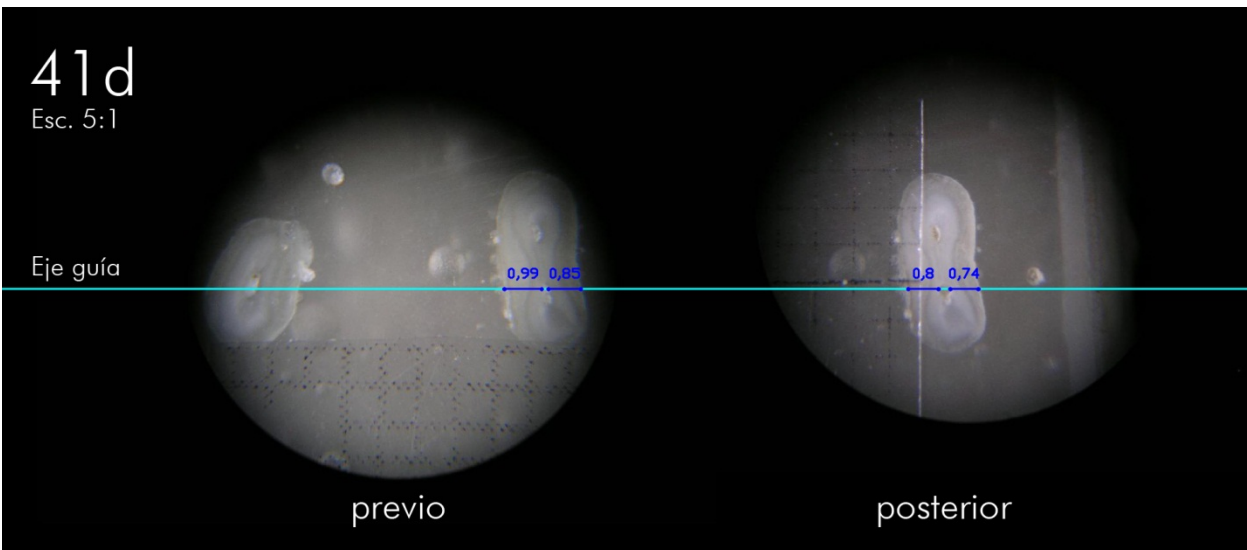
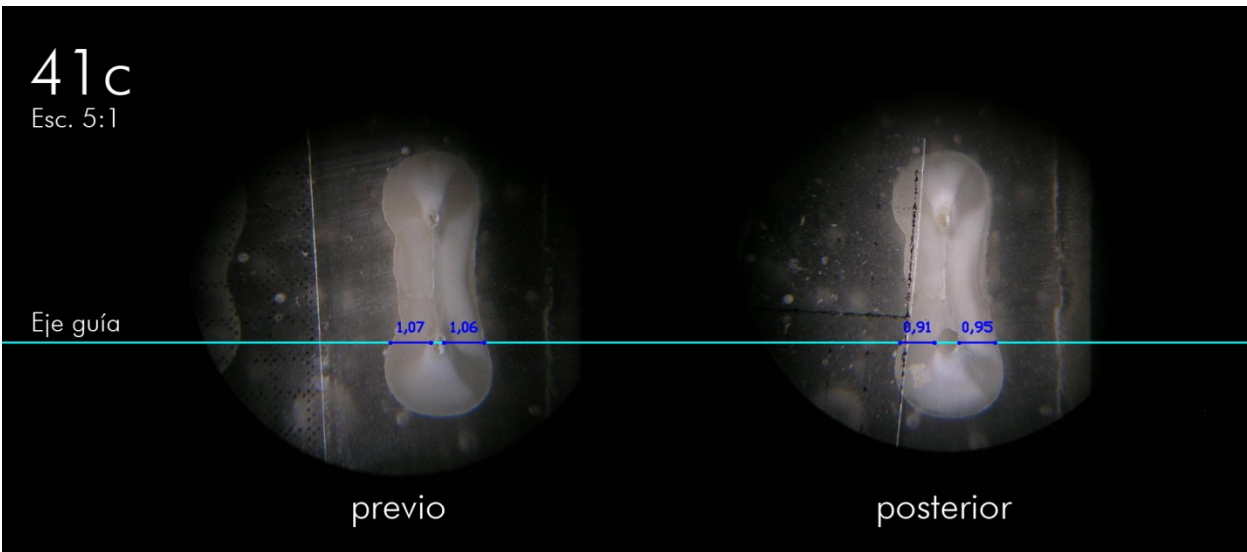
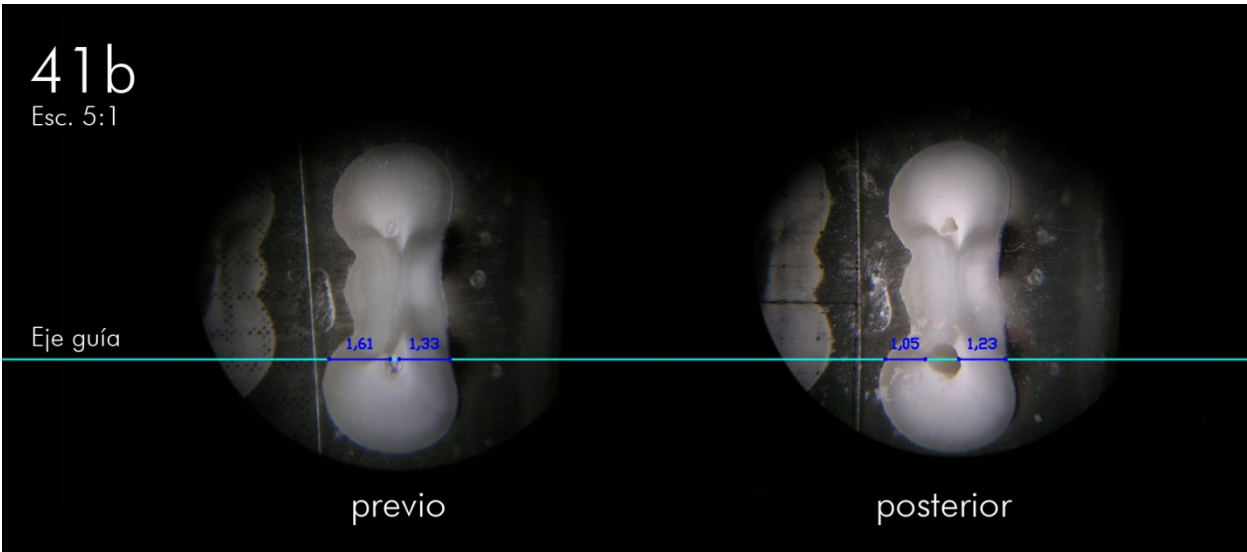
Eje guía

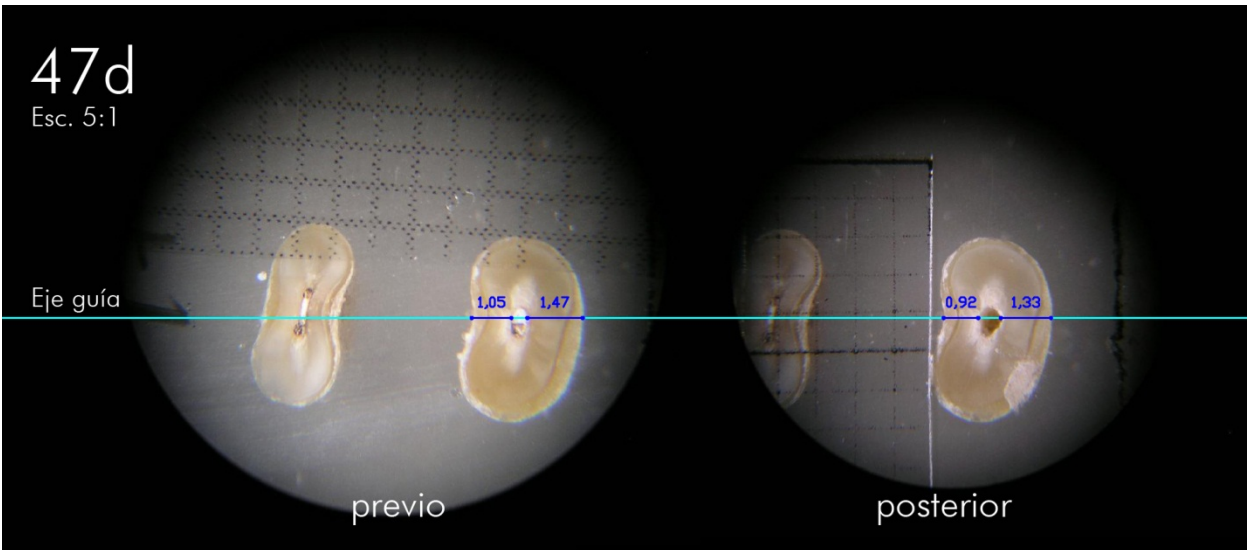
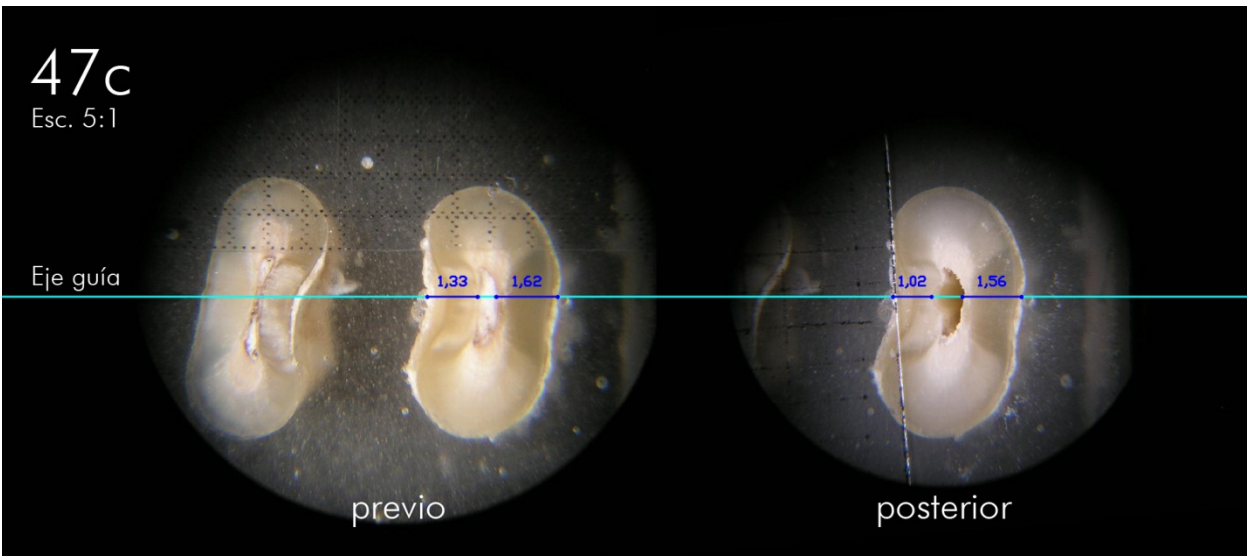
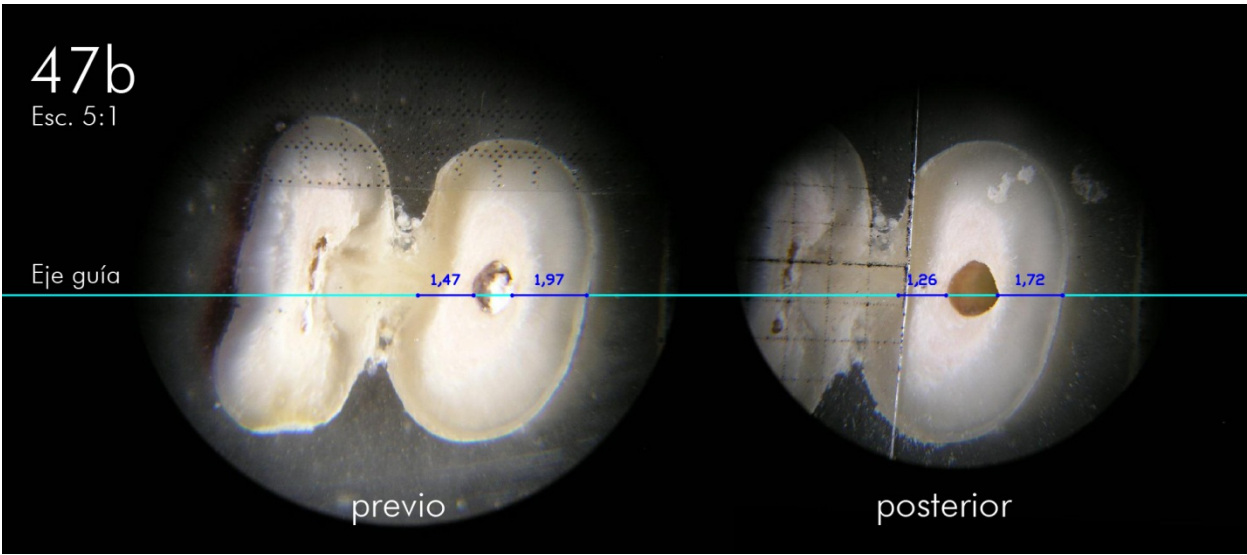


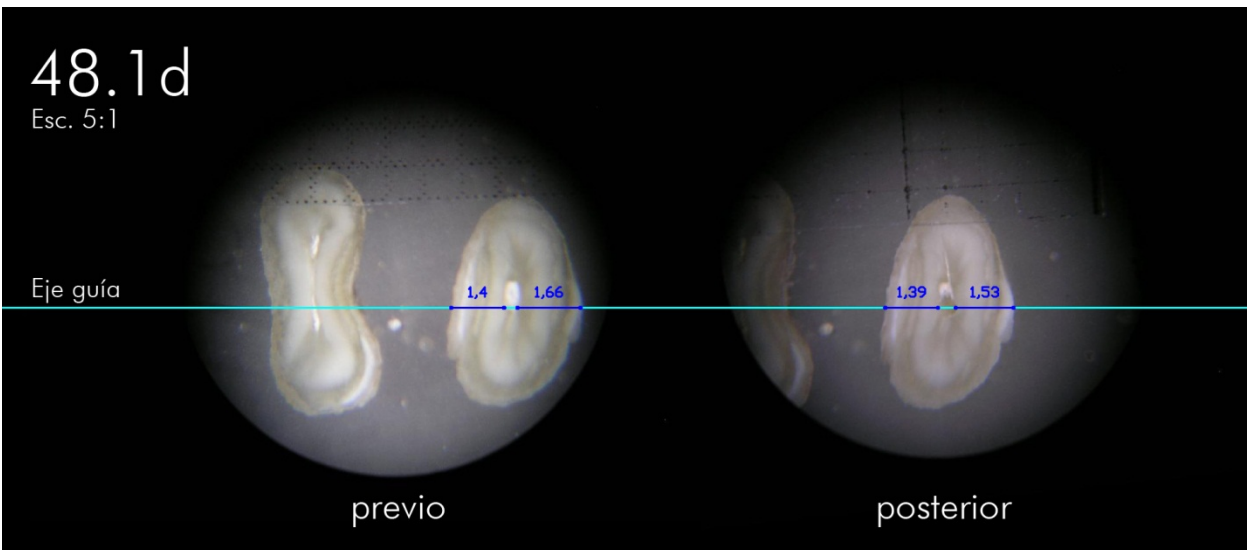
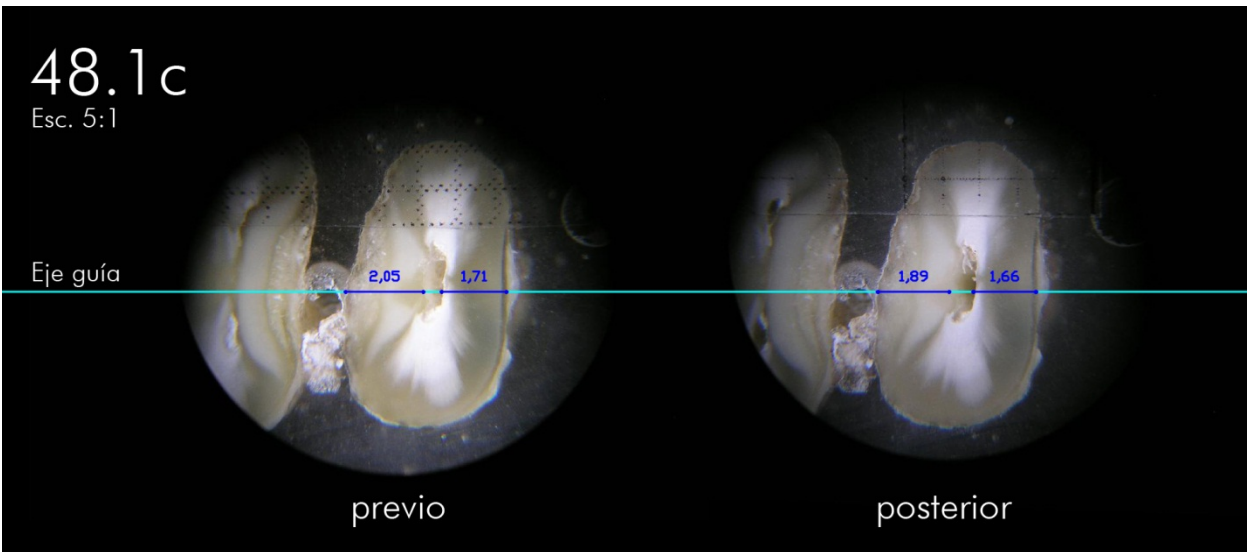
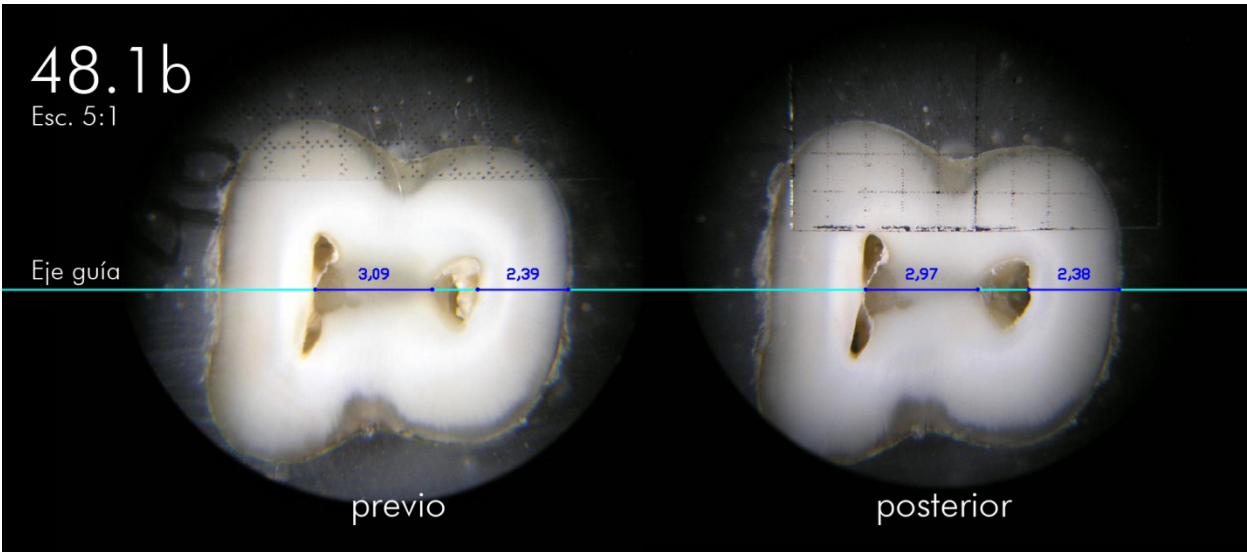
previo

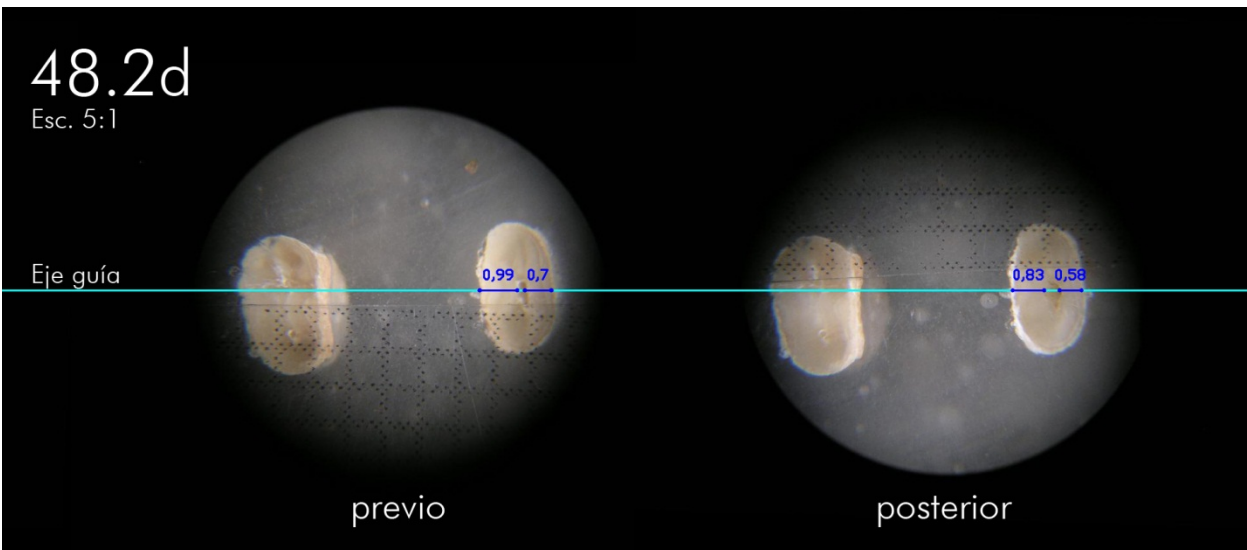
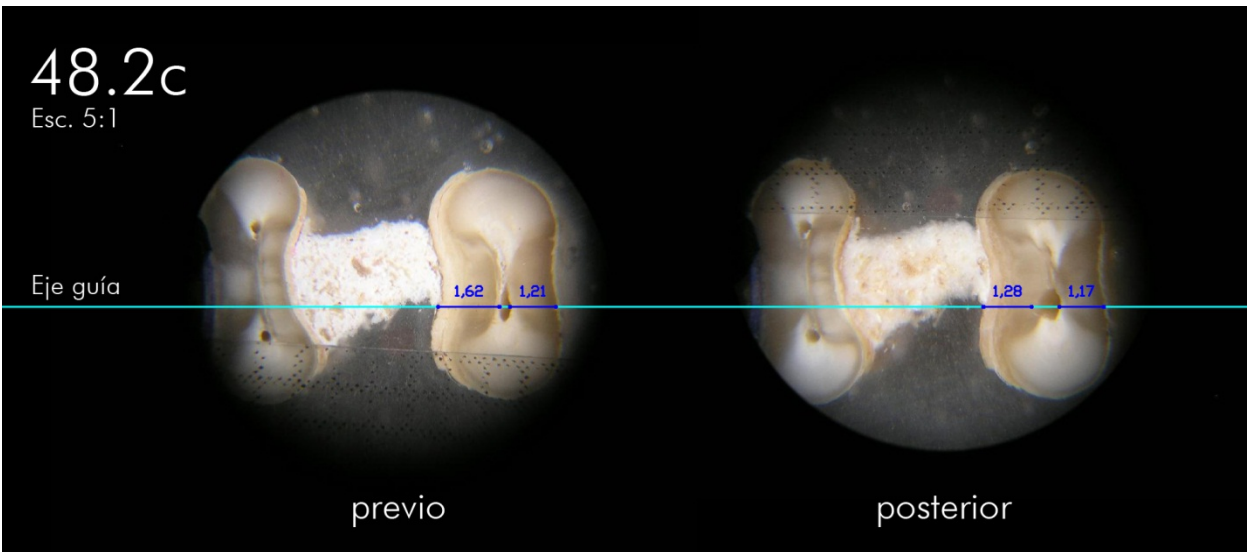
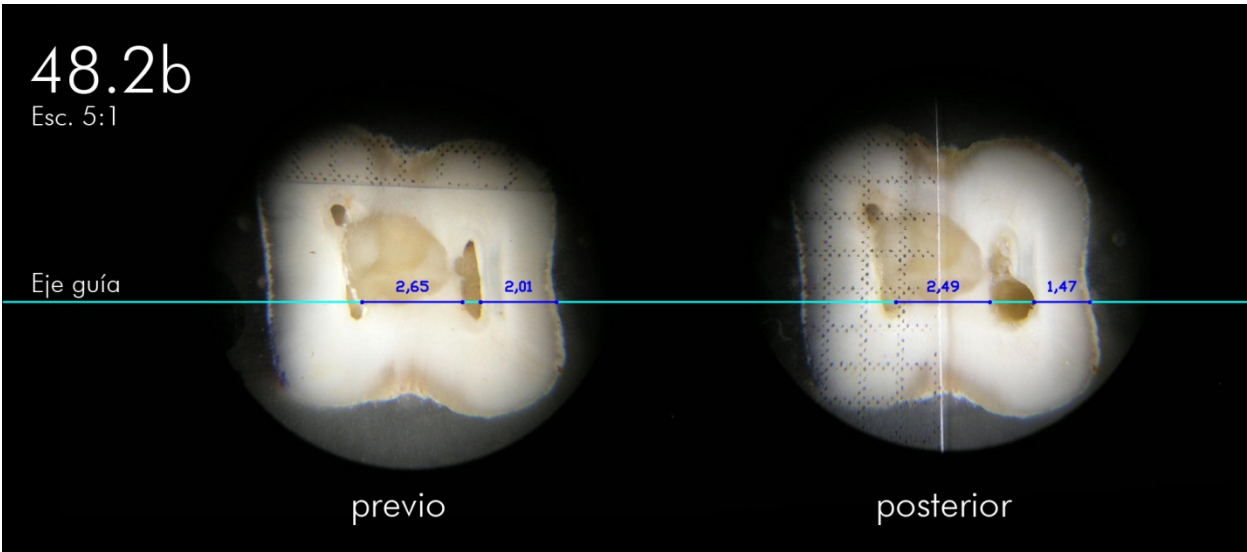


posterior





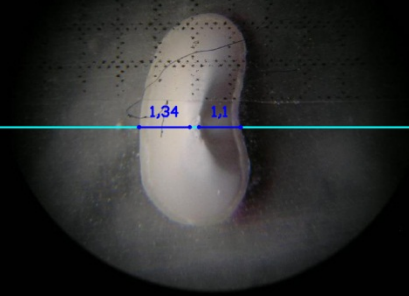




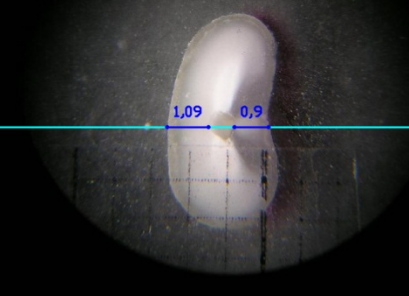
51b

Esc. 5:1

Eje guía



previo



posterior

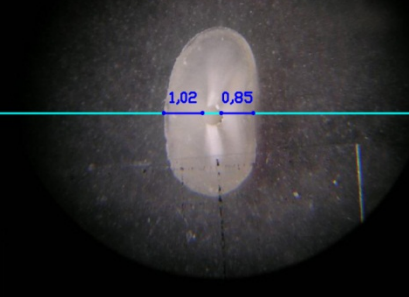
51c

Esc. 5:1

Eje guía



previo

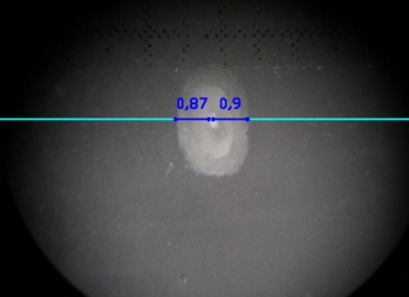


posterior

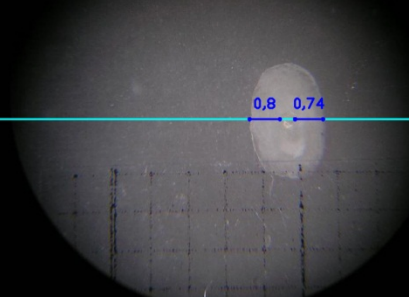
51d

Esc. 5:1

Eje guía



previo

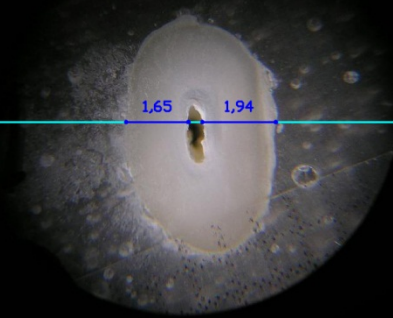


posterior

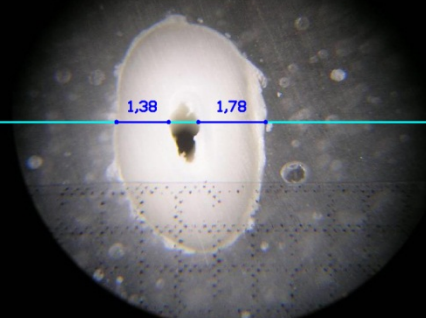
Fb

Esc. 5:1

Eje guía



previo

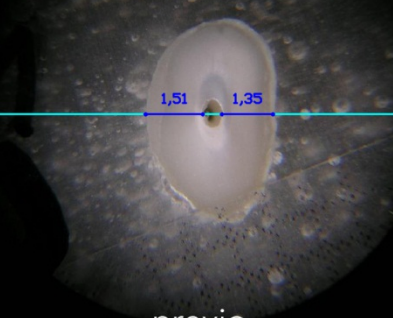


posterior

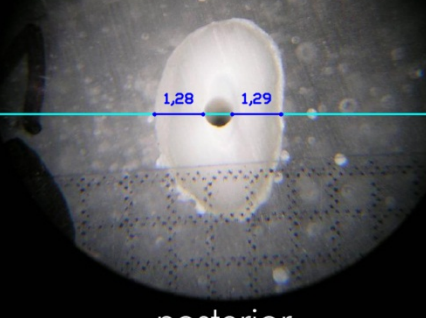
Fc

Esc. 5:1

Eje guía



previo

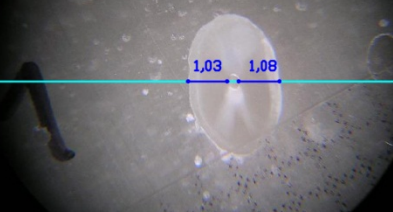


posterior

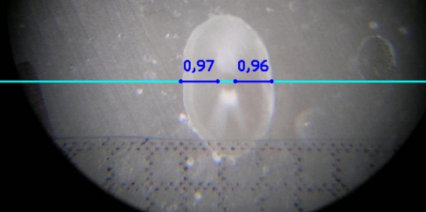
Fd

Esc. 5:1

Eje guía



previo



posterior

