



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO SCOUT RACE  
®FKG PARA GLIDE PATH EN ENDODONCIA, EN 3D.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

ILEANA GODÍNEZ MARTÍNEZ

TUTORA: Mtra. AMALIA CONCEPCIÓN BALLESTEROS  
VIZCARRA

ASESOR: C.D. JOSÉ LUIS CÓRTEZ PARRA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





## AGRADECIMIENTOS

Aprovecho estas líneas para reiterar mi más profundo agradecimiento y amor a mis padres, pues me han inculcado grandes valores y por ellos soy la persona que soy el día de hoy. Sé que en algún momento de mi vida escolar, este día parecía lejano o casi imposible, perdón por ello. Pero gracias a su esfuerzo de padres, pueden decir que este logro es suyo, presúmanlo y siéntanse siempre orgullosos de ustedes. Blanca, Jesús estaré eternamente agradecida, los amo.

Gracias también porque me regalaron a las personas perfectas para recorrer este camino; mis hermanos, Isaac e Idania, quienes han sido un apoyo incondicional. Isaac: gracias por procurarme siempre y mandarme pacientes para sobresalir en mis materias, sobre todo por regalarme otra hermana Priscila que juntos me han dado la dicha de ser tía, Máximo no sabes lo bonito que representas en mi vida. Idania: gracias por ser mi amiga, por acompañarme en las noches de estudio, por ser más madura que yo cuando lo necesito.

Sin duda nada de esto pasaría sin la bendición de Dios, gracias Santísima Trinidad por ser parte de mi hogar, gracias porque me han dado un regalo hermoso, Israel: gracias por tu apoyo incondicional, por ser mi mejor amigo, mi cómplice, por ser ese sostén cuando creí que no podría más, por tus palabras de aliento y por nunca dudar de mí. FAMILIA LOS AMO CON TODO MI CORAZÓN.

Gracias a la máxima casa de estudios, quien desde iniciación universitaria me ha brindado la mejor educación. ¡Orgullosamente Cachorro!

Gracias a mi tutora Mtra. Amalia Concepción Ballesteros, por regalarme parte de su tiempo, en la guía de este trabajo.

A mi asesor C.D. José Luis Córtes, por su complicidad, dedicación y guía.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	6
OBJETIVOS .....	8
1. LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN DE CONDUCTOS.....	9
1.1 Objetivos .....	10
1.1.1 Objetivo biológico.....	10
1.1.2 Objetivo mecánico.....	12
1.2 Conductometría .....	15
1.2.1 Factores que determinan la longitud de trabajo .....	16
1.2.2 Límites.....	17
1.2.3 Longitud de trabajo aparente. ....	18
1.2.4 Longitud de trabajo real.....	20
2. IMPORTANCIA DE LA PERMEABILIZACIÓN Y GLIDE PATH.....	25
2.1 Permeabilización .....	25
2.2 Glide path.....	27
3. GENERALIDADES DE LA INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA .....	28
3.1 Aleaciones.....	29
3.1.1 Fases de transformación.....	30
3.1.1.1 Fase austenita.....	30
3.1.1.2 Fase martensita.....	30
3.1.2 Transformación martensítica (TM) .....	31
3.1.3 Efecto de memoria .....	33
3.1.4 Superelasticidad .....	34
4. CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS DE NIQUEL TITANIO.....	35
4.1 Conicidad .....	35
4.2 Punta guía.....	36
4.3 Pitch.....	37
4.4 Ángulo Helicoidal .....	38
4.5 Estrés por flexión o fatiga cíclica.....	38
4.6 Estrés torsional .....	40
4.6.1 Torque.....	42



5.CONSIDERACIONES GENERALES PARA LAS TÉCNICAS DE CONFORMACIÓN MECANIZADA.....	44
6.GLIDE PATH CON INSTRUMENTOS ROTATORIOS.....	46
6.1 Sistema RaCe.....	47
6.1.1 Especificaciones.....	49
6.2 Scout RaCe.....	52
CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60



## INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento endodóncico se basa en diversos principios, siendo uno de ellos; la limpieza y conformación de los conductos radiculares, término implementado por Herbert Schilder en 1974. La cual busca erradicar cualquier microorganismo patógeno dentro del conducto radicular con la instrumentación y la irrigación, por lo cual se fundamenta en dos objetivos; los biológicos y mecánicos.

Para llevar a cabo este principio es determinante contar con la longitud a la que se instrumentará o el límite unión cemento, dentina, conducto, a lo que llamamos conductometría y es un procedimiento que se puede realizar de distintas formas; recientemente con aparatología electrónica como auxiliar.

Durante la conformación de los conductos radiculares, se llevan a cabo dos operaciones que serán parte del mismo éxito endodóncico: la permeabilidad que permite mantener el conducto radicular permeable, es decir, libre para que pase una sustancia, previniendo obstrucción del conducto radicular, pérdida de la longitud de trabajo, escalones y perforaciones. Y glide path que tiene como objetivo aumentar la efectividad durante la conformación del conducto radicular creando un túnel liso y suave del conducto radicular. Para la creación del glide path existen diversos instrumentos: manuales y rotatorios.

Los instrumentos rotatorios son instrumentos hechos a partir de una aleación que fue reconocida como Nitinol por Buchler en Estados Unidos. Esta aleación es utilizada por sus propiedades, como son: el efecto de memoria y superelasticidad. Lo que hace a estos instrumentos más resistentes a la fractura y más capaz de continuar con la anatomía interna del conducto radicular.

Cada instrumento tiene sus propias características, las cuales harán que esté se diferencie en cuanto a su rendimiento, dichas características son la conicidad, punta guía la cual puede ser activa o inactiva, pitch, ángulo



helicoidal, estrés por flexión y torsional, el conocimiento de estos ayudará a la prevención de fracturas del instrumento.

El glide path puede llevarse a cabo con instrumentos manuales de acero inoxidable con calibres finos e instrumentos rotatorios de NiTi con una conicidad fina. Existen diversos instrumentos rotatorios para efectuar glide path, de casas comerciales diferentes y cada uno de ellos tendrá sus propias características lo cual ofrecerá mayor o menor eficiencia en su instrumentación.

®FKG es una marca que se creó en Suiza, un país donde su principal fuente de producción es relojera, por lo que la empresa ha buscado la innovación de los instrumentos añadiendo en ellos los acabados que realizan en dicho país relojero, como es el pulido electroquímico. ®FKG creó el sistema RaCe que significa por sus siglas; ensanchador con bordes cortantes alternados, por su exclusivo diseño en la parte activa. Dentro de ese sistema se encuentra el instrumento Scout RaCe que es utilizado para realizar glide path en los conductos radiculares.





## OBJETIVOS

- Dar a conocer el instrumento Scout RaCe ®FKG.
- Abocar las ventajas y desventajas del instrumento Scout RaCe
- Reconocer la importancia de glide path durante la conformación de conductos radiculares.
- Exponer el procedimiento de glide path con el instrumento Scout RaCe.



## 1. LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN DE CONDUCTOS.

La Endodoncia “es la rama de la Odontología que se encarga de la embriología, histología, fisiología, anatomía y patología del complejo dentino pulpar y tejidos periapicales. Así como de la prevención y terapéutica de las enfermedades que afectan al complejo dentino pulpar.”<sup>(1)</sup>

El objetivo principal de tratamiento de conductos es la prevención y el tratamiento de las patologías perirradiculares y pulpares, por lo que la terapia se centra en la eliminación mecánica de tejido afectado de pulpa y dentina para facilitar la desinfección química del espacio pulpar.

El objetivo final es que los pacientes puedan conservar sus dientes naturales tanto en su función como en su estética. <sup>(2)</sup>

El tratamiento exitoso endodóncico se basa en establecer un diagnóstico preciso y el desarrollo de un tratamiento adecuado, la limpieza del conducto, la desinfección y la obturación. <sup>(3)</sup>

En 1974 Schilder introdujo el término “limpieza y conformación”, menciona que la aplicación correcta de este procedimiento hará más fácil la desinfección y la obturación del conducto radicular. (Fig. 1).

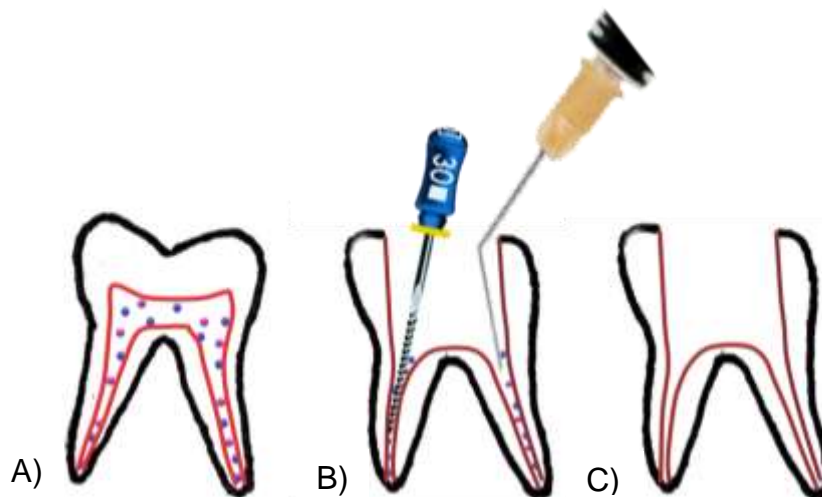


Figura. 1 Limpieza y conformación. Imagen propia



La limpieza y conformación realizadas como parte del tratamiento del sistema de conductos radiculares se dirigen a erradicar la contaminación microbiana de éste. Los microorganismos planctónicos del conducto radicular son eliminados con los agentes irrigantes al inicio del procedimiento; sin embargo las bacterias presentes en áreas menos accesibles del conducto radicular todavía pueden provocar una patología, estas bacterias pueden erradicarse después de la preparación del conducto radicular. (2)

### 1.1 Objetivos

Para lograr el éxito de la limpieza y conformación se tienen dos objetivos; biológico y mecánico. (4).

#### 1.1.1 Objetivo biológico.

Es la limpieza; la cual se refiere a: “la eliminación de todo el contenido del sistema de los conductos radiculares antes y durante la conformación: sustratos orgánicos, comida, microflora, bioproductos bacteriano, caries, cálculos pulpares, colágeno denso, material de relleno previo al conducto radicular, residuos de dentina de la preparación radicular”. Sus objetivos son:

1. La instrumentación no deberá sobrepasar los límites del conducto radicular

Instrumentar más allá del foramen apical en repetidas ocasiones podría provocar inflamación periapical, así como la deformación del foramen y excesivo ensanchamiento y crear una reacción de cuerpo extraño. (Baugh y Wallace).(5)  
(Fig 2)

2. Evitar el desplazamiento de material necrótico más allá del foramen apical durante la instrumentación del conducto radicular.

La proyección de tejido necrótico puede crear una reacción a cuerpo extraño y generar agudización de infecciones. (Fig. 3)



3. Retirar todo resto de tejido del conducto radicular.

La eliminación de los restos será parte esencial para el éxito del tratamiento endodóncico.

4. Crear suficiente espacio dentro del conducto radicular durante la instrumentación.

Para facilitar la colocación de medicamento intraconducto y su obturación. (Fig. 4)

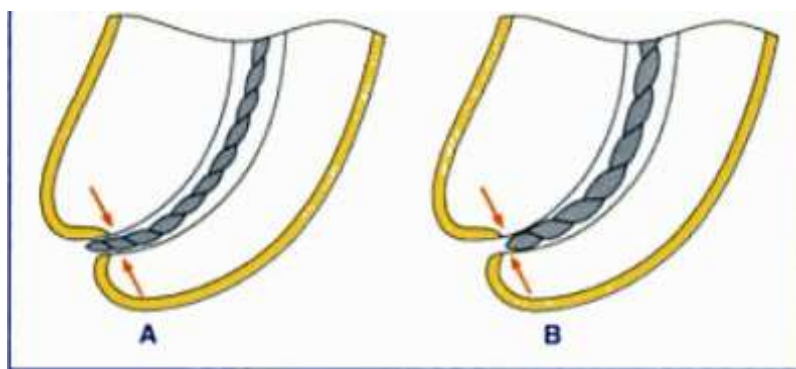


FIG. 2 Limite CDC no debe ser sobre pasado. Obtenida de <http://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas11Limpieza/manpatencia.html>



Figura. 3 Evitar el desplazamiento de material necrótico. Imagen propia



Figura. 4. Crear suficiente espacio para material de obturación. Imagen propia.

### 1.1.2 Objetivo mecánico

Se refiere a la conformación del conducto radicular, la cual ayudará para la entrada del agente irrigante y del material de obturación a lo largo del conducto. Evitando errores durante la conformación del conducto radicular, como las deformaciones y las perforaciones. Tratando de mantener la mayor cantidad de dentina radicular para no debilitar la estructura de la raíz y así prevenir fracturas radiculares.

Consta de 5 objetivos:

1. Desarrollar una forma cónica, continuamente estrecha durante la preparación del conducto radicular.

Esta forma deberá seguir la forma natural de los conductos radiculares antes de que experimenten calcificaciones y formación de dentina secundaria. El objetivo es crear una forma cónica desde la cavidad de acceso hasta el tercio apical, permitiendo así que el agente irrigante fluya libremente hacia el foramen apical y la compactación de la gutapercha en sentido apical y lateral. (Fig. 5)



2. La preparación del conducto radicular debe ser más estrecho en sentido apical.

A medida que la preparación avanza apicalmente, el diámetro se vuelve más estrecho. Esto asegura el paso libre de los instrumentos al conducto radicular, facilita el paso del agente de irrigación y proporciona retención para la gutapercha dentro del conducto radicular.

3. La preparación del conducto radicular debe hacerse en múltiples planos.

Los conductos radiculares normalmente siguen la forma de las raíces. Por lo tanto si las raíces son curvas, entonces los conductos radiculares también estarán curvados. Cuando se trata de conductos curvos, la preparación debe realizarse en múltiples planos para garantizar que la curva natural se conserve.<sup>(4)</sup> (Fig. 6)

4. El foramen apical deberá mantener su forma original

El foramen apical debe manipularse con delicadeza durante la limpieza y la conformación del conducto radicular. El foramen apical se puede perder durante la conformación por un mal manejo de los instrumentos, como la falta de precurvatura, irrigación insuficiente y falta de delicadeza. Los forámenes apicales pueden desplazarse externamente por precurvar mal los instrumentos, utilizar instrumentos muy grandes o fuerza excesiva, dando como consecuencia pérdida de la constricción apical, escalones o perforaciones.<sup>(5)</sup> (Fig. 7)

5. Se debe mantener el foramen apical lo más pequeño posible.

No agrandar el tamaño del foramen apical durante la instrumentación pues con ello se corre el riesgo de crear transportación apical.<sup>(5)</sup> (Fig. 7)

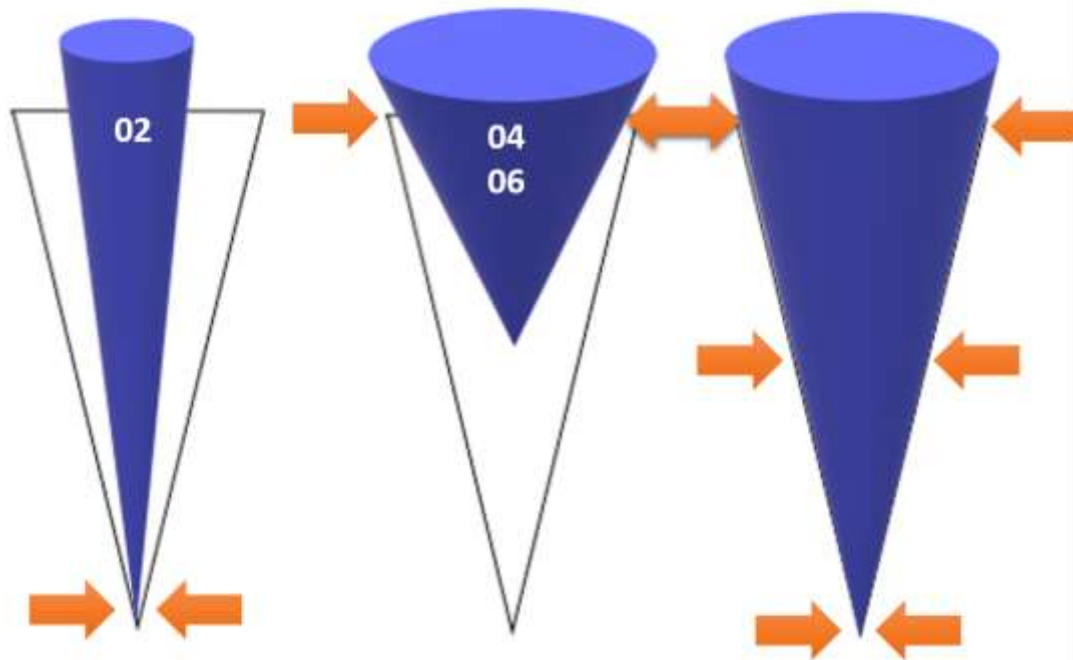


Figura. 5. Conicidad. Imagen propia

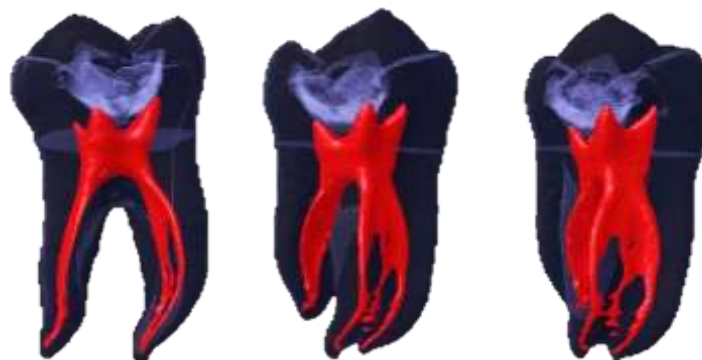


Figura. 6 Preparación en múltiples planos.  
Obtenido de <http://www.muciza.com.mx/project/higiene-dental-y-pasta-dental-organica/>



Figura. 7 mantener foramen apical con su forma inicial.  
Obtenido de Braz. Dent. J. An In Vivo Study of Working Length  
Determination with a New Apex Locator vol.25 no.1 Ribeirão Preto Jan./Feb. 2014

## 1.2 Conductometría

La conductometría es uno de los principales procedimientos, ya que con esto se definirá el límite de acción en el conducto radicular, siendo este límite la región de constricción apical máxima también conocida como límite unión cemento, dentina, conducto o límite CDC.

El éxito del tratamiento de conductos depende en un porcentaje al respeto de los tejidos de la región periapical, evitando así lesiones causadas por la acción mecánica de los instrumentos, acción de las sustancias irrigantes o la obturación. Para la conductometría es importante conocer la anatomía de los conductos radiculares, así como sus variaciones fisiológicas. Anatómicamente el ápice de un diente joven presenta una forma abierta con respecto al





periodonto y en dientes maduros se observa un ápice cerrado. La morfología del ápice sufre modificaciones, pues a lo largo de su vida va sufriendo las influencias de la erupción, que estarán desarrollándose en función de las cargas fisiológicas

En el método sinestésico, no se usan las radiografías sino es el instrumento con el cual se tratará de localizar la zona de mayor constricción a través de la sensación táctil- digital. (Crane, 1921).

En 1918 Custer propuso la conductimetría con la toma de radiografías. Pero About en 1987 destacó problemas durante la toma y la interpretación de las radiografías, por el hecho de que la radiografía tenga una proyección bidireccional de un objeto tridimensional, lo que lleva a la superposición y distorsión de las imágenes.

La realización de este procedimiento facilita el acceso a la región apical, permitiendo que la instrumentación sea más eficiente.

Este procedimiento tiene por objetivo obtener una medida de longitud, la cual corresponde a “la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto donde termina la preparación y obturación del conducto radicular” (Martínez). Es considerado uno de los procedimientos más importantes puesto que sin esta medida no podrá lograrse con precisión la limpieza, conformación y obturación.<sup>(5)</sup>

La longitud de trabajo establecerá el límite de la instrumentación y de la obturación del conducto radicular, la cual debe finalizar a nivel de la unión cemento dentina y conducto

### 1.2.1 Factores que determinan la longitud de trabajo

En la anatomía radicular apical existen tres puntos de referencia anatómicos e histológicos; la constricción apical, la unión cemento-dentinaria y el foramen apical. La anatomía del ápice de la raíz muestra que el conducto radicular se



estrecha a partir de los orificios de los conductos hacia la constricción apical que es generalmente 0.5- 1.5 mm dentro del foramen (Kuttler). (6)

La constricción apical es la parte más estrecha del conducto con el diámetro más pequeño de suministro de sangre. Este punto de referencia anatómica puede ser llamado el diámetro menor del conducto. El diámetro menor representa la transición entre la pulpa y el tejido periodontal, que se encuentra en el intervalo de 0,5 a 1,0 mm desde el agujero externo o diámetro mayor de la superficie de la raíz. (Ricucci y Langeland). (6)

Estudios realizados por Kuttler y Green, han demostrado que el foramen apical coincide con el foramen anatómico en menos del 50% de las veces. Kuttler afirma que la medida de la constricción apical (diámetro menor) es 0.524 a 0.659 mm coronal al foramen apical.

### 1.2.2 Límites

- Limite coronal: está determinado por el punto más externo de la corona. Seleccionando la cúspide o borde incisal que hace referencia a la entrada del conducto radicular. (Fig. 8)
- Limite apical: se selecciona un punto en la región apical, denominada vértice radiográfico, el cual es la porción más externa de la raíz. Cómo se muestra en la fig. 9.

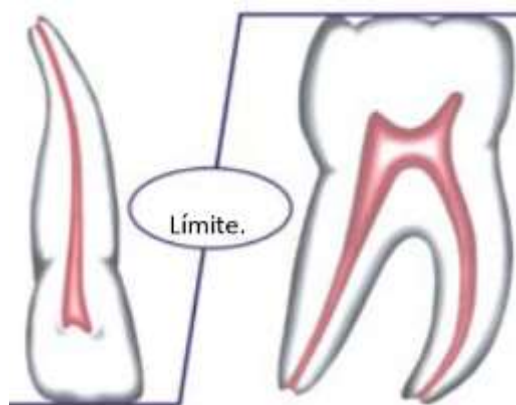


Figura. 8 Limite incisal/ oclusal.

Obtenido de Ilson José Soares., Goldberg, F. Endodoncia;Técnica y Fundamentos. 2013. Editorial. Médica Panamericana.

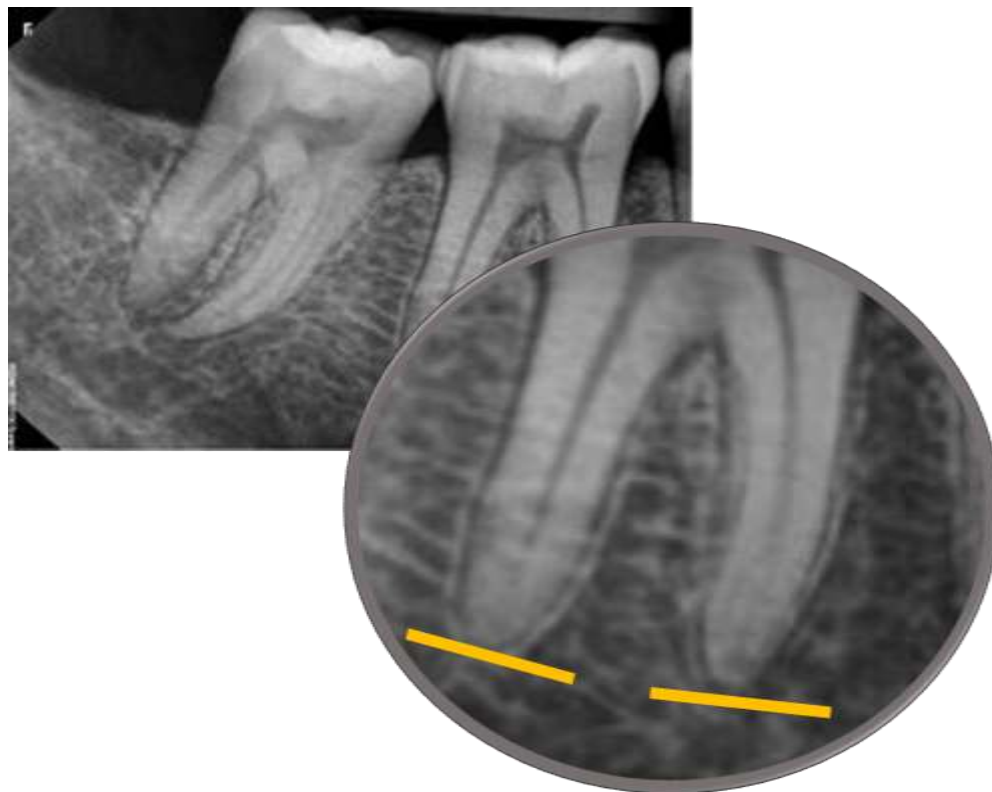


Figura. 9 límite apical

Obtenido de [https://master-endodoncia.blogspot.com/2013/09/caso-clinico-master-el-conducto-medial\\_30.html](https://master-endodoncia.blogspot.com/2013/09/caso-clinico-master-el-conducto-medial_30.html)

### 1.2.3 Longitud de trabajo aparente.

“Es la distancia obtenida de la radiografía para diagnóstico. Distancia entre el borde incisal o borde oclusal hasta el ápice radicular del diente a ser sometido a tratamiento de conductos. Esa medida representa la longitud aproximada del diente a tratar según técnica radiográfica” (7)

Es importante tener una radiografía precisa; bien procesada, que el diente se encuentre completo en la radiografía. Para la obtención de la longitud de trabajo se deben tener en cuenta los siguientes factores:



- Utilizar la misma regla para impedir variaciones de calibre
- Posicionamiento adecuado de los tope en los instrumentos, totalmente perpendiculares al instrumento y apoyarlos con la referencia coronaria.

La longitud de trabajo se obtiene:

- Toma de radiografía dentoalveolar del diente a tratar
- Con un instrumento se estimará la longitud deseada, asegurándonos de tomar un punto coronal de referencia que sea reproducible y que no forme parte del resto del diente o material de restauración.
- Colocando la punta del instrumento 1 mm antes de donde se observa radiográficamente la constricción apical. (Fig. 10)



Figura. 10 Longitud aparente. Imagen propia.



Recordando que a unión cemento– dentinaria puede o no coincidir con la constricción apical; esta última debe ser el límite de la preparación y de la obturación radicular. La ubicación de la constricción apical varía considerablemente y su relación con la unión cemento-dentinaria también es variable y puede ser de hasta 3 mm más alta en un lado del conducto, en comparación con el otro. Por otra parte, la unión cemento-dentinaria no puede ser identificada clínicamente (Somma et al., 2012). La constricción apical se ubica generalmente entre 0,5 a 2 mm del ápice dentario radiográfico (Jarad et al.). (7)

#### 1.2.4 Longitud de trabajo real

Es la medida inciso u ocluso apical tomada con un instrumento dentro del conducto ayudado con localizador de foramen apical electrónico, influenciada por condiciones eléctricas del conducto. (7)

Se conocen dos técnicas para la obtención de la longitud real de trabajo; la radiográfica o de Ingle y electrónica

##### Técnica de Ingle

- Se coloca un instrumento dentro del conducto radicular a 1-2 mm menos que la longitud aparente, asegurándonos de tomar un punto coronal de referencia que sea reproducible y que no forme parte del resto del diente o material de restauración. El instrumento deberá ser lo suficientemente grueso para salir en la radiografía. Si se trata de un diente multirradicular, se colocará un instrumento en cada uno de los conductos radiculares.
- Toma de radiografía con técnica de planos paralelos.
- Se mide en la radiografía la diferencia entre el final del instrumento y el ápice radicular, agregando o disminuyendo ese valor a la longitud del instrumento, obteniendo así la longitud del diente.
- Cuando la diferencia es igual o menor a 4 mm, el instrumento se reposiciona y se realiza una nueva toma radiográfica.



- La longitud real de trabajo se establece, restándole 1 mm al valor encontrado. radiográficamente (8). Cómo se muestra en la figura 11.

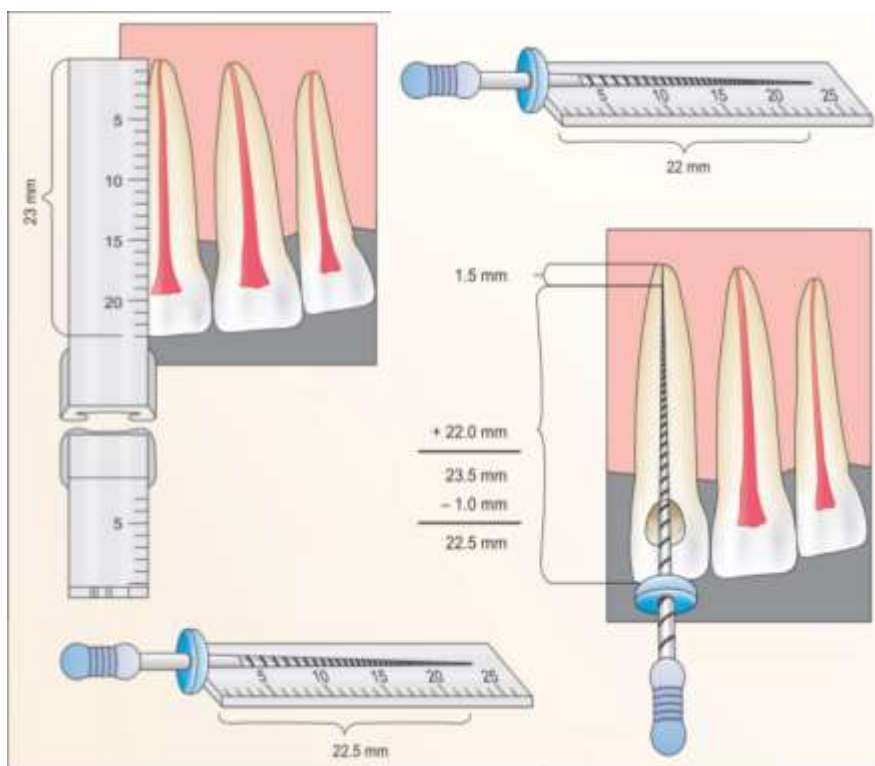


Figura. 11 Técnica de Ingle.

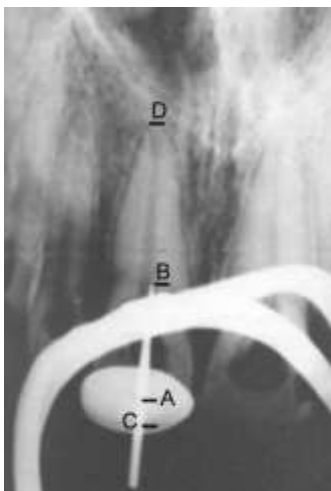
Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 119

### Técnica de Grossman

Basado en la longitud media del diente para la inserción inicial del instrumento, seguida de la toma radiográfica y sus correcciones. (8)

### Técnica de Bregman

Propone colocar un instrumento con 10 mm de longitud dentro del conducto radicular para realizar una toma radiográfica, con una regla milimetrada se mide en la radiografía la longitud del diente y la del instrumento, con estos tres valores se realiza una regla de tres para obtener la longitud real del diente. (8)  
(Fig 12)



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

*LRI= longitud real del instrumento*

*LAD= longitud aparente del diente en la radiografía*

*LAI= longitud aparente del instrumento en la radiografía*

*LRD= longitud real del diente.*

Figura. 12 Técnica de Bregman.

Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp.

### Técnica electrónica.

O bien longitud de trabajo real con método electrónico, el cual ha sido estudiado y perfeccionado en los últimos años, siendo los primeros experimentos realizados por Susuki y Sunada. Con el surgimiento del localizador electrónico apical, se logró establecer una longitud de trabajo más exacta y son más ventajosos para el paciente y operador, pues disminuyen la exposición del paciente a la radiación ionizante, reducen el tiempo del tratamiento y su uso es fácil.

Los métodos electrónicos determinan la longitud real de trabaja a partir de la medición de la resistencia eléctrica, cuando se aplica corriente continua o de la medición de señales multifrecuencia, entre un electrodo inducido en el interior del conducto radicular y otro apoyado normalmente en la comisura labial.(8)

### Secuencia operatoria

- Aislamiento absoluto
- Acceso coronal
- Irrigación con hipoclorito de sodio



- Certificar que el cable está correctamente conectado al aparato, encender el aparato antes de colocar los electrodos.
- Antes de colocar el instrumento en el interior del conducto radicular debe observarse:
  - Hacer un toque entre los electrodos, es decir, el instrumento con el gancho del labio, provocaran un corto circuito de la señal.
  - Verificar el correcto aislamiento del diente y que las restauraciones metálicas no se proyecten sobre la entrada del conducto, pues estas restauraciones pueden desviar el circuito, dando un falso positivo.
- El aparato debe tener carga total, para su mejor funcionamiento.
- Colocar un electrodo en la comisura del labio del paciente
- Introducir el instrumento al conducto radicular 5 mm antes de la longitud aparente de trabajo, el instrumento debe ajustar bien a las paredes internas ya que un instrumento demasiado fino puede dar un falso positivo. Se introduce de forma suave sin presión apical
- Abrir el portalima y se realiza la lectura.
- Introducir apicalmente el instrumento, girándolo suavemente en sentido horario, observando el inicio del movimiento del aparato.
- Cuando se aproxima de las señalizaciones finales, se acciona una alarma sonora intermitente, se continúa introduciendo el instrumento apicalmente hasta que la alarma se vuelva continua, posicionando la señalización relativa a la posición de la salida del foramen. Al llegar a esta marca retroceder el instrumento hasta el punto relativo a la posición de la constricción apical. El sonido de la alarma pasara de continuo a intermitente. (como se muestra en la Fig 13 y 14)
- Señalar la longitud real de trabajo, deslizando el tope hasta el punto de referencia oclusal/incisal elegido.
- Toma de radiografía de comprobación <sup>(8)</sup>





Fig. 13 Localizador de foramen apical Root ZR. Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 119

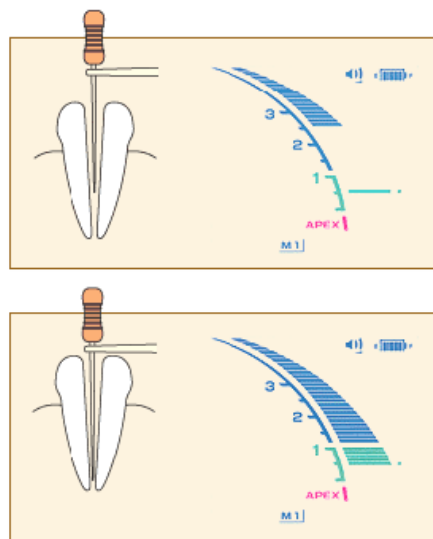


Figura. 14 Obtención de longitud real electrónica con localizador Root ZR. Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 119



Fig 15. Localizado de foramen apical ProPex II. Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 178



Fig 16. Localizador de foramen apical RayPEX 6. Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 178



## 2. IMPORTANCIA DE LA PERMEABILIZACIÓN Y GLIDE PATH.

### 2.1 Permeabilización

La permeabilidad apical es definida como “una técnica de preparación en la cual la región apical del conducto radicular es mantenida libre de detritus mediante la recapitulación a través del foramen apical con una lima pequeña.”.

De acuerdo al glosario de términos de Asociación Americana de Endodoncia.<sup>(9)</sup>

Para Buchanan, la permeabilidad apical previene cualquier accidente durante la conformación, como son: obstrucciones del conducto, pérdida de la longitud de trabajo real, escalones y perforaciones.

En 1989 definió la lima de pasaje como un instrumento de pequeño diámetro, como un instrumento tipo K flexible, de numero 10, 15 y 20, que pasa a través de la constricción apical del conducto radicular pasivamente, sin ampliarla. <sup>(8)</sup> Como se muestra en la figura 17.

Los objetivos de la permeabilidad apical según Buchanan:

- Transmitir al operador, mediante la sensibilidad táctil el sentido de la curvatura del conducto radicular cuando no se observa radiográficamente la cara vestibulo lingual.
- Llevar con anticipación la solución de hipoclorito de sodio a la profundidad de todo el sistema de conductos radiculares, activándola.
- Falsas vías por bloqueos, se evitan cuando se confirma frecuentemente la permeabilidad durante el tratamiento.
- Minimizar la posibilidad de formación de escalones.
- La solución de hipoclorito de sodio se reactiva y desempeña, mejor sus propiedades, por la acción de la lima de pasaje que se lleva a cabo hasta el punto de permeabilidad apical.



- Permitir al operador traspasar nódulos pulpares, suspendidos en el tejido pulpar o adheridos a las paredes del conducto radicular, sin el riesgo de llevarlos más allá del instrumento. (8)

Durante la instrumentación de los conductos radiculares se crea la capa de Smear layer definida por la Asociación Americana de Endodoncia como: “Una película superficial de restos retenidos en la dentina u otras superficies después de la instrumentación con instrumentos giratorios o limas endodóncicas; contiene partículas de dentina, restos de tejido de pulpa vital o necrótico y componentes bacterianos”. (9)

La instrumentación puede dar origen a la compactación de la capa de smear layer en el tercio apical del conducto, estos restos en su mayoría están contaminados y por ello su eliminación será necesaria, para ello se realiza la permeabilidad la cual se lleva a cabo durante el procedimiento de limpieza y conformación para así evitar la obstrucción del tercio apical del conducto radicular. (10)



Fig. 17. Permeabilidad con instrumento #15. Obtenido de R. Nageswar Rao. Endodoncia Avanzada. 1ª edición. 2011 pp. 185



## 2.2 Glide path

Es la extensión de un túnel liso y suave del conducto radicular, que va desde el orificio del conducto radicular al foramen apical fisiológico o CDC. Nos ayudará a determinar este límite la radiografía y localizador de foramen apical.

El Glide path tiene como objetivo aumentar la efectividad durante la conformación de los conductos radiculares, mejorar el funcionamiento de los sistemas rotatorios, disminuyendo las tensiones torsionales, aumentando así, hasta seis veces más la vida útil de un instrumento rotatorio y prevenir la separación de los instrumentos.

El Glide path se puede realizar tanto como con instrumentos manuales como rotatorios, deben ser instrumentos con punta fina para evitar el ensanchamiento del foramen apical. <sup>(11)</sup> Como se muestra en la figura 18.



Fig. 18. Glide Path.

Obtenido de <https://www.endoruddle.com/ProGlider>



### 3. GENERALIDADES DE LA INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA

Instrumentación Mecanizada:

Rotatorio continuo: movimientos únicamente horarios. Ej. Sistema RaCe (Fig. 20)

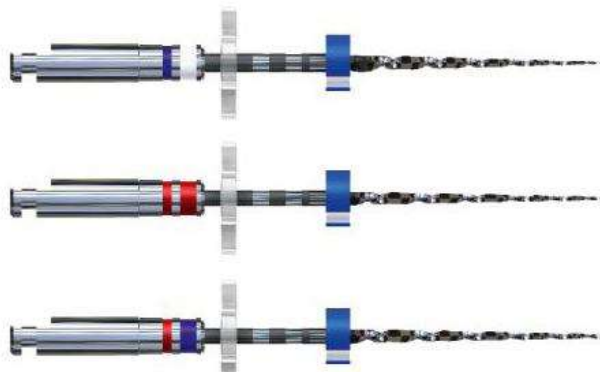


Fig. 19. Sistema RaCe. ©FKG.

<https://www.fkg.ch/products/endodontics/glide-path/race-iso-10>

Movimiento reciprocante: basado en el Concepto de Fuerzas Balanceadas propuesto por Roane en 1985; movimientos horarios y anti horarios.  $\frac{1}{4}$  de vuelta a la derecha y  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  de vuelta a la izquierda. Como técnica para superar las pronunciadas curvaturas de algunos conductos, disminuyendo el riesgo a la fatiga cíclica causada por fuerzas de tensión y compresión. Ejemplo: Wave One (Fig. 20)



Fig. 20. Sistema Wave One.

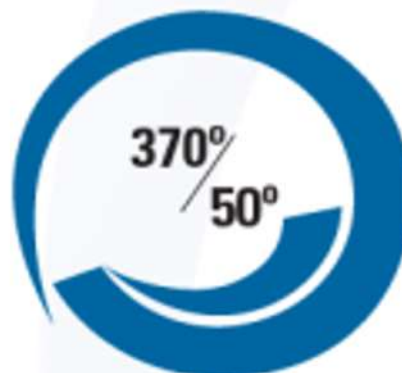
Obtenido de <https://www.novaendovita.com/loja/sistemas-reciproc/lima-reciprocante-wave-one-ster-dentsplymaillifer/>



Híbrido: la lima está en un movimiento rotativo o recíprocante, según la situación.



Rotativa: movimiento de la lima a  $600^\circ$  en el sentido horario y  $0^\circ$  en el sentido antihorario cuando no se aplica carga.



Recíprocante: movimiento de la lima  $370^\circ$  en sentido horario y hasta  $50^\circ$  en sentido antihorario cuando se aplica carga.

Fig. 21 Movimiento híbrido.

Obtenido de <http://kerrdental.com.mx/tf-adaptive/>

### 3.1 Aleaciones.

A principios de la década de los sesentas en Silverspring, Maryland, Estados Unidos, en el Laboratorio Naval de Ordnance un metalúrgico llamado William Buchler estaba en busca de una aleación que fuera resistente al calor y a la fatiga, para la creación de misiles, haciendo varias pruebas llegó a la aleación de níquel titanio, descubriendo en ese momento la aleación que se nombró NITINOL por sus siglas en inglés y en honor al laboratorio donde trabajaba Buchler; Nickel Titanio Naval Ordnance Laboratory.

Esta aleación es muy utilizada por sus propiedades especiales; superelasticidad, efecto de memoria, resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. Es usada en el área médica y odontológica para catéteres, alambres de ortodoncia, instrumentos endodóncicos: manuales y rotatorios. La



fabricación de instrumentos endodóncicos contiene aproximadamente 56% de níquel y 44% de titanio. (8)(13)

### 3.1.1 Fases de transformación

Las características especiales que presentan las aleaciones de NiTi se deben principalmente a las fases de transformación que éstas presentan:

#### 3.1.1.1 Fase austenita.

También conocida como acero gamma  $\gamma$ , es una forma de ordenamiento específica de los átomos de hierro y carbono. Es la forma estable del hierro puro a temperaturas que oscilan entre 900 a 1400°C. La fase austenita es dúctil, blanda y tenaz, con una red cúbica centrada en el cuerpo como lo muestra la figura 22.

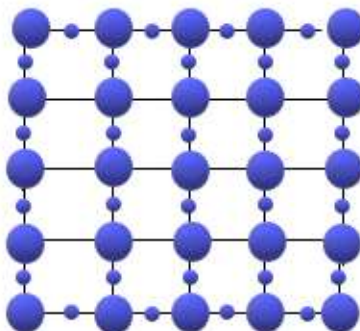


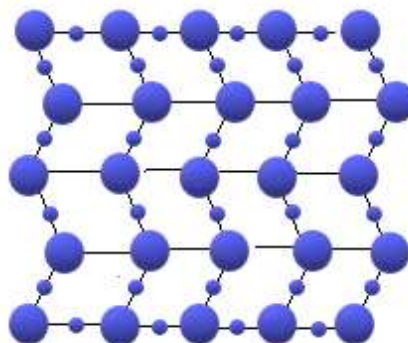
Fig. 22. Estructura de Austenita.  
Imagen propia

#### 3.1.1.2 Fase martensita

Es el nombre que recibe la fase cristalina por las siglas en inglés; body centered tetragonal en aleaciones ferrosas. Esta fase se genera a partir de una transformación de fases sin difusión de partículas ajenas al material procesado. Recibe el nombre de Martensita por el metalúrgico alemán Adolf Martens. Entre sus características esta la súperelasticidad y memoria de forma. Es una fase de temperaturas bajas. (Fig. 23)



Fig. 23.  
Estructura de  
Martensita.  
Imagen propia



Las aleaciones de NiTi poseen tanto en la fase austenítica como martensítica básicamente tres temperaturas: una inicial, pico y final y dependiendo de la aplicación final que tenga el producto elaborado de esta aleación será importante el determinar la temperatura de transformación. <sup>(13)</sup>

### 3.1.2 Transformación martensítica (TM)

Es una transformación entre una fase de estructura cristalina de alta simetría, denominada austenita o fase matriz y una fase de baja simetría, denominada martensita. Durante esta transformación los átomos se mueven cooperativamente, sin alterar la composición química, y se acomodan en una estructura más estable. (Otsuka & Wayman, 1998). La austenita es estable en altas temperaturas y bajos valores de tensión, la martensita es estable en bajas temperaturas y altos valores de tensión. <sup>(8)</sup>

Cuando la aleación se enfría por debajo de cierta temperatura la transformación se inicia por un mecanismo de deformación lateral; presentando la misma estructura cristalina, pero la orientación espacial de los cristales es diferente, estas regiones se denominan variantes de martensita. Al tener la martensita baja simetría, se pueden formar variantes de la fase austenita. Al contrario, cuando se calienta, la martensita se vuelve inestable y se produce la transformación inversa, la martensita vuelve a la fase austenita.

Cuando el material sufre la transformación martensítica, se produce en él enfriamiento, se inicia en una temperatura designada y se completa en una





temperatura más baja, si se interrumpe el enfriamiento entre las dos temperaturas la transformación se detiene. Esta es una característica que diferencia la TM de cualquier cambio de fase en el estado sólido: es atérmica, es decir, no se produce cuando la temperatura se mantiene constante.

Durante el calentamiento, se produce la transformación inversa de la martensita hacia la fase austenita, tiene las mismas características de la TM. (8) (Fig. 24)

En los instrumentos endodóncicos la TM se produce por la tensión sometida en la curvatura del interior del conducto radicular, los instrumentos de NiTi se presentan auteníticos a temperatura ambiente, los instrumentos tienen comportamiento superelástico durante su uso clínico, donde la imposición de tensión dada por la curvatura radicular resulta en ciclos de TM e inversa, por el movimiento rotatorio. La tensión producida en el retiro del instrumento del interior del conducto radicular, ocurre transformación inversa hacia la estructura austenita original. La martensita es capaz de absorber hasta un 8% de deformación recuperable, en presencia de una deformación adicional, se produce la deformación elástica y alguna deformación adicional a esta se produce la deformación plástica y su posterior fractura. . (Gambirini, 2000).(8)

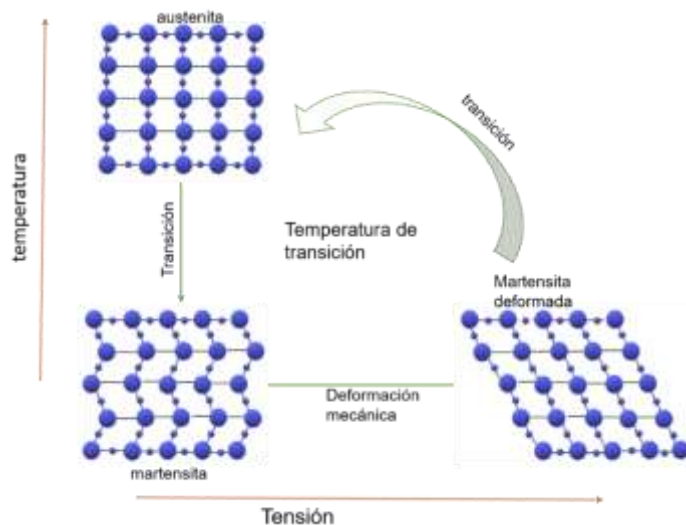


Fig. 24. Fases de transformación.

Imagen propia



### 3.1.3 Efecto de memoria

El efecto de memoria se relaciona con el cambio de fase en el estado sólido de la aleación: la transformación martensítica, que puede inducirse mediante la aplicación de tensión o por la reducción de temperatura. Se basa en que tras ser deformado el material en estado martensítico, dicha deformación permanece, pero es recuperable, si el material es calentado a una temperatura superior a  $A_f$  (temperatura final de la transformación austenítica) de manera que produzca en él, la transformación inversa y se recupere la forma original.<sup>(8)(12)</sup> (Fig. 25)

Es decir, el efecto de memoria es la capacidad de recuperar grandes deformaciones no lineales por medio de calentamiento moderado, incluso cuando el material ya experimentó deformación aparentemente permanente. Las aleaciones NiTi pueden ser programadas, mediante la selección de composición química y tratamiento termomecánicos, para que la recuperación de forma se realice con la eliminación de la tensión, sin necesidad de calentamiento. Este efecto permite recuperar instantáneamente grandes deformaciones no lineales, dándole al material la “superelasticidad”, un caso particular del efecto memoria de forma. <sup>(8)</sup>



Fig. 25. Ejemplo memoria de forma en un clip.

Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_jp-titanium/product\\_Nitinol-Nickel-Titanium-Spring-Shape-Memory-Nitinol-Wire\\_ryheeiioq.html](https://es.made-in-china.com/co_jp-titanium/product_Nitinol-Nickel-Titanium-Spring-Shape-Memory-Nitinol-Wire_ryheeiioq.html)



### 3.1.4 Superelasticidad

Se presenta cuando la aleación es deformada mecánicamente a una temperatura determinada y una vez que el esfuerzo es retirado la transformación se invierte y el material recupera su forma original. Cuando la aleación es sometida a una deformación de hasta un 10%, pueden retomar a su forma normal; recuperable. Como muestra la figura 26.

Los instrumentos de NiTi se producen por el proceso de maquinado pues la superelasticidad hace imposible la torsión del vástago para producir el espiral. (Thompson, 2000). Esta propiedad proporcionó la ventaja de llevar a cabo giros de 360°, ayudando así en un conducto curvo la rápida y eficaz preparación. Creando condiciones favorables: limpieza, conformación del conducto efectiva, permite el flujo adecuado de agente irrigante y medicación y la óptima obturación del conducto. (8).

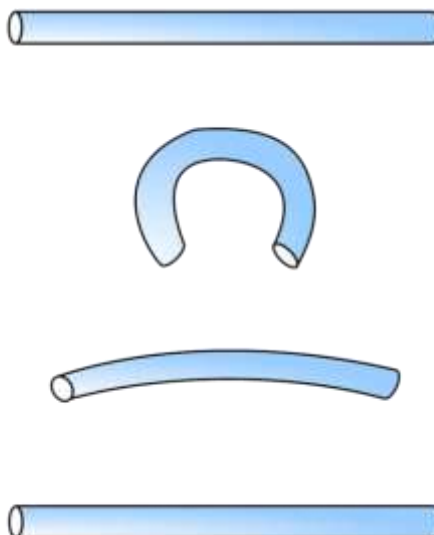


Fig. 26 Superelasticidad Nitinol

Obtenido de

<http://bergara.eus/laboratorium/es/aggregator/categories/1?page=58>



## 4. CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS DE NIQUEL TITANIO

### 4.1 Conicidad

Conicidad o taper se define como el aumento del diámetro de la parte activa por unidad de longitud. O el aumento del diámetro existente a partir de  $D_0$  en dirección a  $D_{16}$ , es decir, de la punta del instrumento hasta el mango, dado en mm. (2)(8)

En 1955 Angle propuso por primera vez para los instrumentos, una estandarización de conicidad y longitud, así como tener una nomenclatura. Años más tarde, 1958, Angle junto con LeVine propusieron la estandarización de los instrumentos, aparatos y materiales de relleno, esto para proporcionar una mejor calidad de tratamiento. Y fue en 1961 donde la Organización Internacional de la Estandarización (ISO) 3630, Instituto de Estandarización Nacional Americana (ANSI) y Asociación Dental Americana (ADA), específicamente la 28. En 1981 se agregó a la 28, el requisito de conicidad 0.02, para los instrumentos que tenían una conicidad mayor a esta se creó una nueva estandarización; ANSI/ ADA 101 cubre requisitos dimensionales o alguna forma o conicidad especial. (15)

En 1962, Ingle recomendó que los instrumentos debían tener una conicidad constante de 0,02 mm, que iría del diámetro  $D_0$  a  $D_{16}$  teniendo una tolerancia de  $\pm 0,02$  mm. Como se muestra en la figura 27. Los instrumentos endodóncicos de níquel titanio se presentan en conicidades que van de 0.02 mm hasta 0,12 mm, esta alta conicidad tiene como consecuencia que solo una porción de la parte activa entrará en contacto con las paredes del conducto pulpar, ayudando así a la conformación de conducto siguiendo la curvatura natural del diente y permitiendo la entrada libre de instrumentos con menos conicidad para la permeabilidad del conducto. (8)(14)

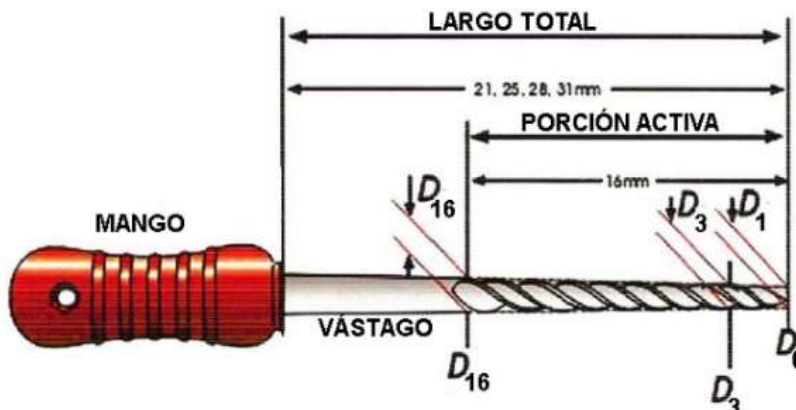


Fig. 27. Conicidad de los instrumentos.

Obtenido de

<http://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas4Instrumentos/estandrequisitos.html>

## 4.2 Punta guía

La punta del instrumento es la parte más delgada de la porción activa. La punta tiene dos funciones: guiar al instrumento y ayudar a que penetre en el conducto radicular. Si el operador no tiene conocimiento sobre el diseño de la punta del instrumento, este puede: 1. Transportar el conducto 2. Generar torsión excesiva y fractura del instrumento.

El ángulo y radio del borde cortante guía y la proximidad de la estría hasta el extremo de la punta son los que determinan la capacidad de corte de la punta. Las puntas se clasifican en; activas, inactivas y parcialmente activas. (Fig. 28)

Los instrumentos rotatorios NiTi tienen una punta inactiva o punta Batt, la cual se crea mediante alisado y esmerilado del extremo apical del instrumento, el ángulo de transición ha sido eliminado, actuando como punta guía. Permitiendo que el instrumento se encuentre en todo momento dentro del conducto, adaptándose a grandes curvaturas, evitando así, formar falsas vías o escalones

(1)(2)(8)(16)

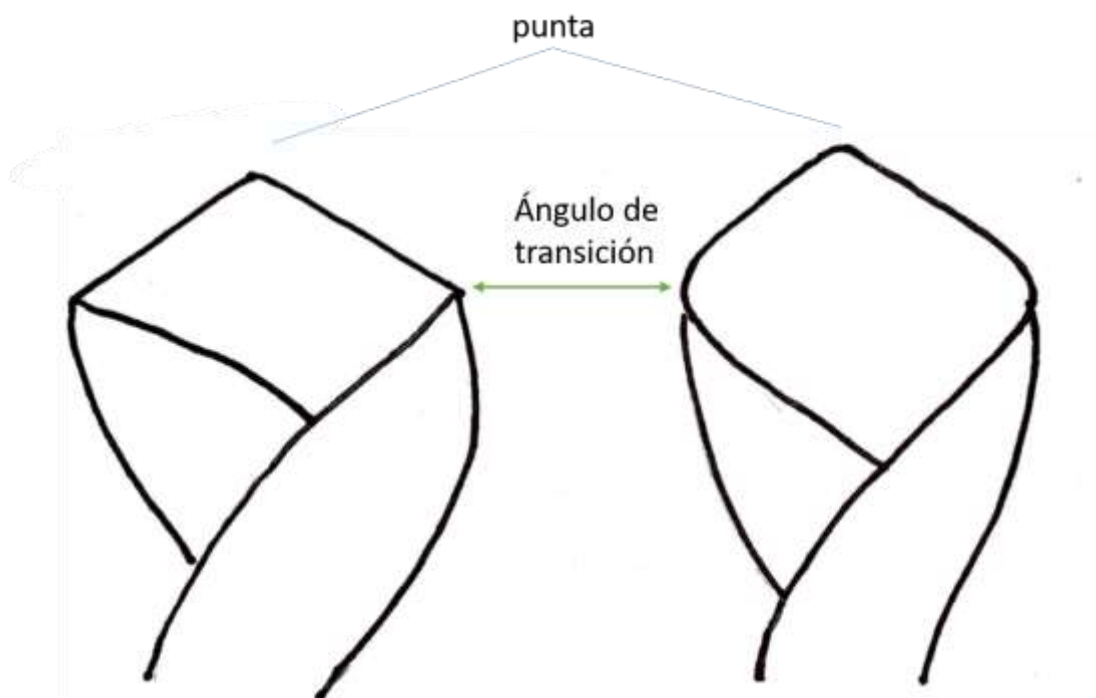


Figura.28 Punta guía. Imagen propia

#### 4.3 Pitch

Es la distancia entre las estrías cortantes del instrumento. Distancia entre un punto del borde guía y el punto correspondiente del borde guía adyacente; podría ser la distancia entre puntos correspondientes en los que no se repite el mismo patrón. (Como se muestra en la figura 29, color naranja) Entre más pequeño el pitch o más corta la distancia entre los puntos correspondientes, más espirales tendrá la lima y mayor el ángulo helicoidal. Y aumentando el pitch disminuye la torsión y la tendencia a la succión. Dependiendo del instrumento esta distancia puede ser variable o constante, manejando uno de los principales problemas de enroscado del instrumento en el conducto radicular. (1)(8)(16)



#### 4.4 Ángulo Helicoidal

Es el ángulo formado por el borde cortante con el eje longitudinal del instrumento, barrena los residuos coleccionado en las estrías del conducto. (Fig. 29, color amarillo) El ángulo helicoidal está determinado por el pitch de la hoja del instrumento; cuanto mayor es, más abierto será el ángulo helicoidal. El ángulo helicoidal de un instrumento es un parámetro importante para determinar la eficiencia de corte del instrumento, así mismo su resistencia mecánica y sus características dinámicas. Si el ángulo helicoidal es mayor, mayor número de estrías hay por unidad de área, aumentando así la flexibilidad del instrumento, los puntos de contacto, la eficacia de corte y la disminución de fractura. Si el ángulo helicoidal es menor, es menor el número de estrías, disminuyendo la flexibilidad, puntos de contacto y la eficacia de corte. (1)(8)(15)

Cuando el instrumento gira en el interior del conducto radicular, sufre dos tipos de estrés: de torsión, la cual sufre fractura por torsión y de flexión., que sufre fractura por fatiga cíclica.



Figura. 29. Ángulo Helicoidal y Pitch.

Imagen propia

#### 4.5 Estrés por flexión o fatiga cíclica.

Se refiere a los cambios dimensionales por la repetición alternada del movimiento de flexión y deflexión que el instrumento presenta cuando éste gira dentro del conducto radicular, o explícitamente al número de rotaciones al cual ha sido expuesto. El estrés es inversamente proporcional al cuadrado del radio del instrumento en el punto de flexión, es decir, un instrumento con menor conicidad soportara menos el estrés de flexión que uno con mayor conicidad.



Esta fatiga dependerá del grado de curvatura a la que sea expuesto la aleación, el diámetro del instrumento y la velocidad de rotación. (8)(12)(14)

Esta fractura comenzara a manifestarse por medio de micro fisuras en la superficie del instrumento, que posteriormente se continuaran al interior para después producir una fractura En la fractura por fatiga cíclica intervienen varios factores:

- Radio de la curvatura: el menor radio de la curvatura, determina mayor fatiga.
- Velocidad: a mayor velocidad de rotación, mayor fatiga.
- Tiempo: a mayor tiempo de rotación del instrumento en la curva, mayor fatiga.(11)
- Cinemática de uso: la rotación en un punto fijo de una curvatura del conducto radicular aumenta la fatiga. Por ello se recomiendan los movimientos de vaivén y evitar que el instrumento gire en un mismo punto continuamente.
- Sección: el mayor diámetro del instrumento en el punto de inflexión de la curva del conducto radicular, soportara menos la fatiga cíclica.

Para evitar las fracturas cíclicas y minimizar su estrés, se recomienda:

1. No aumentar la velocidad recomendada por el fabricante
2. No dejar el instrumento rotando en la porción curvada del conducto en una misma longitud
3. Utilizar diámetros y conicidades bajas en curvaturas con radio pequeño. (un instrumento sufre mayor peligro de fractura en una curvatura moderada en el tercio medio o cervical, pues el instrumento por su conicidad, girara en las curvaturas con gran diámetro y gran masa de metal).(8)





#### 4.6 Estrés torsional

Ocurre cuando la punta del instrumento se traba en un punto específico dentro de las paredes del conducto radicular, quedando inmóvil sin poder vencer la resistencia de la dentina para producir el corte, mientras que el otro extremo del instrumento continúa en rotación. Creando un estrés que sobrepasa el límite de la elasticidad del metal, llevándose a cabo una deformación plástica y a su vez una fractura. (8)(12)(14) (Fig. 30)



Fig. 30 Estrés torsional  
Imagen propia.

La fatiga torsional dependerá de diferentes factores como son:

1. Sección transversal del instrumento: la sección mayor tiende a mayor resistencia torsional. Entre dos instrumentos con el mismo diámetro de punta, el de mayor conicidad soportara mejor el estrés de torsión que el instrumento con menor conicidad.



2. Torque: a mayor demanda de fuerza para que el instrumento gire y se realice el corte de dentina en el conducto, mayor el estrés de torsión generado.
3. Superficie de ajuste: a mayor superficie de ajuste dentro del conducto radicular, mayor área de contacto dentro de las paredes del conducto, provocando mayor fricción, y a su vez mayor torque, por lo que el instrumento experimentara mayor estrés torsional.
4. Eficiencia de corte: un instrumento con buena eficiencia de corte necesitará menos torque para realizar el corte de dentina y experimentara menor estrés torsional.
5. Irrigación y lubricación: son importantes en la superficie de contacto del instrumento con las paredes del conducto radicular, pues reducen el estrés torsional hasta en un 20%. Si el conducto esta lubricado, el instrumento necesitará menor torque, sin afectar la eficacia de corte del instrumento.
6. Cinemática de uso: si se realiza demasiada presión apical el instrumento es más propenso a enroscarse en las paredes del conducto radicular y experimentar mayor estrés torsional. Para prevenir esto se recomienda realizar una presión apical suave, sin forzar al instrumento dentro del conducto y tener control del grado de ajuste y la profundidad de inserción.
7. Glide path previo: si se tiene accesibilidad en el conducto radicular se reducirá el estrés torsional. (11)(12)

Para minimizar o controlar la fatiga torsional se debe considerar:

- Un análisis previo de la secuencia de los instrumentos y la técnica que se utilizara.
- La relación entre la dimensión del instrumento y la anatomía del conducto radicular.
- Glide path previo.



- Asegurar que el cuerpo del instrumento soportara el estrés de corte, dejando la punta activa libre pues es la parte del instrumento más propensa al estrés torsional.
- Reducir el segmento del instrumento que contacta con las paredes del conducto radicular.
- Mantener una irrigación y lubricación continua.
- Mantener la limpieza del instrumento, es decir, libre de detritos acumulados en los espirales. Pues la acumulación de éstos puede provocar el atascamiento del instrumento y el aumento del estrés torsional. (8)(12)

#### 4.6.1 Torque

O momento de torsión, “es la capacidad que tiene un instrumento rotatorio impulsado por un aparato de continuar girando a pesar de la resistencia o presión que ejercen sobre los tejidos dentarios.” Equivale a la fuerza efectiva que transmite el aparato al instrumento rotatorio. Así, que el sistema permite que se aplique mayor fuerza de corte sobre el diente sin que esté detenga la rotación. (17)

El torque necesario para girar el instrumento para realizar el corte de dentina es directamente proporcional a la superficie de contacto del instrumento con las paredes del conducto y su capacidad de corte. Es decir, un instrumento que tenga mayor eficiencia de corte requerirá de menor torque, menos presión, rotación y por tanto menor tiempo de trabajo.(8)

Los instrumentos son cónicos y tiene diferentes radios a lo largo del instrumento, por lo que el torque necesario para cortar será diferente según el segmento del instrumento que actué contra las paredes del conducto. El torque máximo necesario para que se produzca la fractura del instrumento está relacionado también con el diámetro y la sección transversal. (8)



Los motores utilizados para usar con instrumentos rotatorio NiTi, tienen velocidades que van de 150 y 700 rpm y torque entre 0,1 y 10 N. cm, el torque ideal debe ser menor que el límite de resistencia a la fractura por torsión del instrumento, este torque está dado por el fabricante. Pero se debe de tener en consideración la resistencia del instrumento a la dentina, por la presencia de variables anatómicas dentro del conducto radicular y la conicidad de los conductos. (8)



Fig. 31. Motor endodónico X-SMART DUAL.

Obtenido de <https://erp.somuden.es/clinica/articulos>



Fig. 32. Motor endodónico FKG

Obtenido de <http://www.dentaltvweb.com/category/empresa/fkg?page=2>



## 5. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LAS TÉCNICAS DE CONFORMACIÓN MECANIZADA.

Independientemente de la técnica que se utilizará, es necesario conocer las causas de fracturas y como prevenirlas, así como la consideración de aspectos importantes para utilizar los instrumentos rotatorios.

1. Dar prioridad a la anatomía del conducto radicular, pues esta determinará la estrategia para la conformación y la secuencia de los instrumentos.
2. Conocer el diseño de los instrumentos y su implicación clínica. Se debe conocer previo a la utilización del instrumento, el desempeño del instrumento dentro del conducto radicular; acción de corte, ángulo helicoidal y conicidad.
3. Aplicar de manera adecuada la cinemática de los instrumentos: para obtener una mayor seguridad durante la instrumentación rotatoria, tiene relación con la conicidad del instrumento y la anatomía del conducto radicular. La cinemática comprende cuatro variables que son:

### Movimiento

- Hacer pruebas del instrumento en el conducto radicular sin accionarlo hasta que se ajuste, para conocer previamente la distancia que va a recorrer el instrumento.
- Introducir el instrumento dentro del conducto, girando con movimiento de vaivén (avance y retroceso) de pequeña amplitud.
- El movimiento de retroceso se realizará sobre las paredes del conducto y por tracción.

### Presión

- Aplicar una presión apical suave sin forzar el instrumento.



- Sustituir la conicidad del instrumento cuando se necesite aumentar la presión para avanzar o cuando el instrumento tiende a atornillarse.
- Con los instrumento de NiTi se siente el grado de ajuste al trabarse el instrumento dentro del conducto radicular, a diferencia de los instrumentos de acero inoxidable que se tiene sensibilidad táctil.

#### Velocidad

- Normalmente se usa una velocidad de 250 a 350 revoluciones por minuto (rpm), pero algunos instrumentos requieren 500-600 rpm.
- Está relacionada con la porción del conducto radicular a instrumentar, en porciones rectas se puede girar con mayor velocidad
- Puede variar según la superficie de contacto
- En los instrumentos que presentan menor superficie de contacto dentro del conducto radicular (sistema RaCe, RaCe S. Apex), puede haber mayor velocidad.

#### Tiempo

- Retirar el instrumento una vez realizado el corte de dentina, para evitar que se acumule los detritos y se obstruya en conducto, pues esto aumentaría la demanda de torque y así el riesgo a fractura.
- Evitar dejar el instrumento girando en las curvas y en la misma longitud porque aumenta el estrés cíclico.

4. Utilizar secuencia de instrumentos con baja demanda de estrés.

La técnica será más segura si el instrumento el estrés al que es sometido es mínimo. Los instrumentos de acero inoxidable tienen una conicidad estándar y se usan aumentando o disminuyendo su diámetro, a diferencia de los instrumentos de NiTi, los cuales tienen una conicidad variable.<sup>(8)</sup>



## 6. GLIDE PATH CON INSTRUMENTOS ROTATORIOS

Durante la preparación de conductos, es importante conservar la anatomía original del conducto radicular, la posición y el tamaño del foramen apical, siendo esto en muchas ocasiones un reto para el odontólogo, por la diversidad morfológica de los dientes. Estas dificultades aumentan el riesgo de separación del instrumento, perforación de la raíz o la extrusión de contenido contaminado a apical. (17)

Por ello Glide path se ha considerado un paso muy importante en la conformación del conducto radicular, pues con este procedimiento se busca mantener la anatomía original del conducto radicular durante la conformación, así como prevenir el estrés torsional que sufren los instrumentos rotatorios durante la instrumentación evitando la separación del instrumento; aumentando así la vida útil del instrumento rotatorio hasta en un 6%. (17)(18).

Glide path se puede realizar con instrumentos manuales de acero inoxidable, pero últimos estudios han reportado más ventajas en la utilización de instrumentos NiTi rotatorios, pues el procedimiento es más rápido, respeta mayormente la anatomía del conducto radicular por la superelasticidad que presenta el instrumento con esta aleación, respetando las curvaturas. Y producen menos extrusión de residuos hacia apical, disminuyendo el dolor post operatorio. (19)

Existen diversos instrumentos rotatorios para Glide path en el mercado como son: PathFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), G-File (Micro-Mega, Besançon Cedex, France), and Scout Race (®FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland).

Estos instrumentos deben ser lo suficientemente flexibles para seguir la curvatura del conducto radicular y lo suficientemente fuerte para resistir el estrés de torsión o la fractura.

Las propiedades físicas de estos instrumentos se ven afectados por su diseño geométrico y el proceso de fabricación, así como el tratamiento de superficie



y el tratamiento térmico. También los diseños de la sección transversal pueden afectar la rigidez del instrumento y distribución del estrés durante su trabajo dentro del conducto. (19)

## 6.1 Sistema RaCe

El sistema ®FKG RaCe, desarrollado por la empresa Suiza ®FKG-DENTAIRE, se introdujo comercialmente en 2001, en el congreso Odontológico de Colonia, Alemania. (21)

RaCe proviene de Reamer with Alternating Cutting Edges por su acrónimo en inglés, que significa ensanchador con bordes cortantes alternados, es un instrumento rotatorio a base de aleación NiTi, desarrollado por ®FKG-Dentaire en Suiza. Los instrumentos de este sistema ofrecen una característica original y exclusiva la cual, se encuentra en el diseño de su parte activa, que posee bordes de corte normales con ángulos helicoidales alternados.(Fig. 33) Que eliminan el “screw in effect” o efecto de “atornillado”, cuando rotan dentro del conducto radicular. Tienen punta inactiva, de seguridad para evitar la formación de escalones. (10)



Figura. 33. Ángulo helicoidal alternado.

Obtenido de catálogo ®FKG, 2017.

Su sección transversal es triangular o cuadrada para los instrumentos de conicidad 2 y tamaños N° 15 y 20. Las puntas son redondeadas y no cortantes, y los instrumentos están codificados por mangos de colores y anillos grabados en la superficie. Todos los instrumentos RaCe son sometidos a un exclusivo





pulido electroquímico, que le brinda mayor resistencia ala torsión y fatiga cíclica, elimina las imperfecciones de la superficie, reduce los puntos débiles. Esta superficie de pulido; lisa y brillante, facilita la limpieza y desinfección ayudando así a una mejor esterilización. (1)(3)(22)

®FKG- RaCe presenta una forma de ayudar al operador en el control de la fatiga a través de un tope de silicón con “pétalos” removibles, denominado SafetyMemoDisc (SDM), la remoción de estos pétalos dependerá de la curvatura del conducto, diámetro y conicidad del instrumento. Servirá para el control de fatiga y del número de usos después de cada uso, retirar un pétalo en los casos simples; dos pétalos, en los casos medios, tres pétalos en casos difíciles Descartar el instrumento cuando todos los pétalos han sido retirados otra función de SDM es identificar de inmediato, la conicidad del instrumento (3) (22). (Fig. 34)



Fig. 34. SafetyMemoDisc. Imagen propia.

Para la identificación del diámetro y conicidad, se codificó con color, en anillos que se encuentran en el vástago metálico del instrumento, de acuerdo con el código convencional de colores ISO. Los colores para la conicidad son: amarillo (.02), rojo (.04), azul (.06), verde (.08) y negro (.10). La longitud de la parte activa es de 16 mm, con una longitud total de 21,25, 28 y 31 mm. (3)(22).



### 6.1.1 Especificaciones

Los instrumentos rotatorios ®FKG están equipados con mango metálicos CI, marcas de profundidad y topes de silicona. (23)

- Mango metálico CI para contra ángulo

Su objetivo es proporcionar una fácil identificación de diámetro ISO (anillo ancho) y conicidad (anillo estrecho). La información permanece visible cuando el instrumento se inserta en la cabeza del contra ángulo. (23)

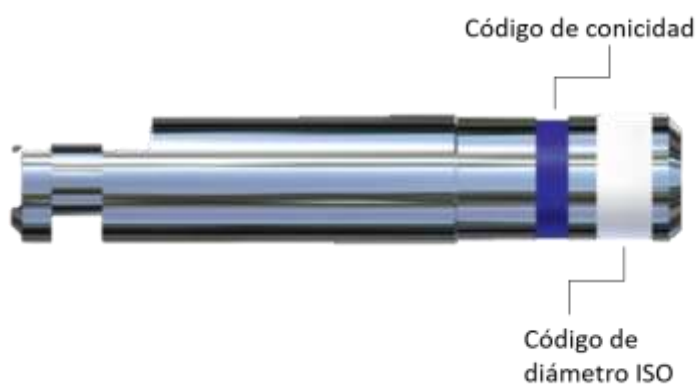


Figura. 35. Mango de los Instrumento rotatorios ®FKG- RaCe.

Obtenido de catálogo ®FKG, 2017.

- Código de color

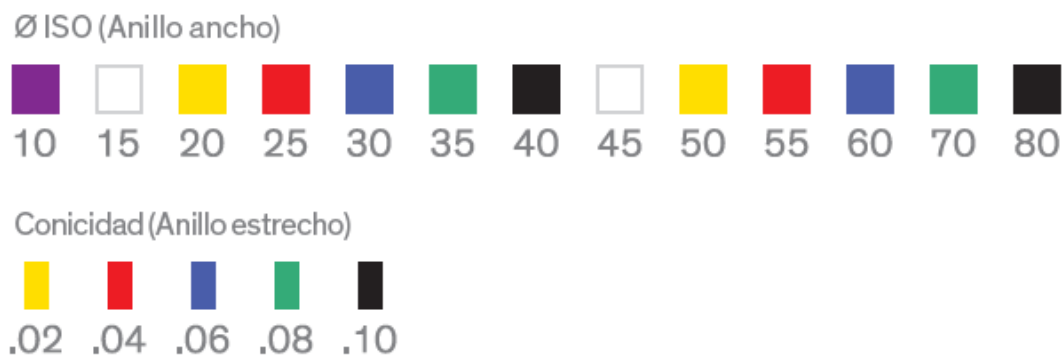


Figura. 36. Código de color ISO ®FKG- RaCe. Obtenido de catálogo ®FKG, 2017.



- Marcas de profundidad

Se usan para reconocer la posición de la longitud de trabajo en el diente y tienen además el tope de silicona. Estas marcas están presentes en instrumentos de longitud de 21 mm, 25 y 31 mm.



Figura. 37. Marcas de profundidad de los instrumentos ©FKG- RaCe. Obtenido de catálogo ©FKG, 2017.

- Tope de Silicona

Se usa para señalar la longitud de trabajo, es radiopaco. La marca identifica la dirección original de la punta en el conducto radicular. Los colores ISO son para identificar la longitud de la lima. (23)



Figura. 38. Topes de silicón de instrumentos ©FKG- RaCe. Obtenido de catálogo ©FKG, 2017.

©FKG ha creado una estancia estéril, logrando producir instrumentos estériles empaquetados en blísteres. Además de garantizar una higiene perfecta (mediante la eliminación de los riesgos de contaminación cruzada durante el tratamiento de conductos radiculares), la mayor ventaja que los instrumentos estériles ofrecen a los profesionales es un considerable ahorro de tiempo, junto con una sencillez de uso, ya que los instrumentos vienen listos para usar de



forma que no hay necesidad de manipular, desinfectar y esterilizar los instrumentos en el clínica dental. (23)

Los instrumentos usados para la conformación en el tercio cervical se denominan Pre-RaCe y tienen conicidad y diámetros gruesos. Los instrumentos con diámetros menores llevan el nombre de Scout RaCe. (2)

El sistema RaCe fue desarrollado para facilitar llegar al diámetro apical biológico deseado de manera segura, este sistema presenta una técnica corono apical modificada que alterna el diámetro y conicidad de los instrumentos, reduciendo la fatiga del instrumento puesto que cada lima actúa en un segmento específico del conducto.

#### Protocolo

1. Acceso a la entrada del conducto.
2. Determinar longitud de trabajo real, con ayuda de localizador de foramen apical. Uso de lima con ajuste apical; lima tipo K, tomar radiografía para su confirmación.
3. Irrigación abundante con hipoclorito de sodio
4. Instrumentación de conductos a longitud de trabajo hasta lima # 15 ya sea con limas manuales o Scout RaCe
5. Ajuste del motor entre 500-600 rpm, torque en 1,5 Ncm y colocar la lima (BR) Bio RaCe (0 25/.08).
6. Las limas deben respetar movimientos suaves de entrada y salida. Llegando con estos instrumentos a la longitud de trabajo deseada.
7. Repase con lima manual #15 hasta longitud de trabajo. A partir de BR1 todos los instrumentos deben tratar de alcanzar a longitud de trabajo. BR2 entrará solo en milímetros apicales, BR# entrará en contacto con tercio medio y cervical y BR4, BR5 actuaran como ensanchador apical.
8. Irrigación abundante después de utilizar cada uno de los instrumentos.



## 6.2 Scout RaCe

Es un sistema que consta de tres instrumentos con conicidad .02 y tamaño ISO de 10, 15 y 20 mm, diseñado para la preparación mecánica de los conductos radiculares que presentan curvatura severa o canales tipo “s”. La conicidad .02 según los códigos de color del sistema será de color amarillo el cual se encontrará en el mango del instrumento al igual que el tamaño ISO, como se muestra en la figura 39.



fig. 39. Mango del instrumento Scout RaCe. Imagen propia.

Los instrumentos RaCe poseen una sección triangular con bordes afilados a excepción de los instrumentos 15 y 20; conicidad .02, los cuales poseen una sección cuadrangular, Los instrumentos Scout Race tienen 4 filos de corte con una sección cuadrada. (Fig. 40)



Fig. 40 Sección transversal de Scout RaCe. Imagen propia.



Scout RaCe posee un tratamiento electroquímico de superficie, punta inactiva y pitch alterno que evitan el atornillamiento, dando mayor espacio para la eliminación de Smear Layer. Como se puede ver en la figura 41.

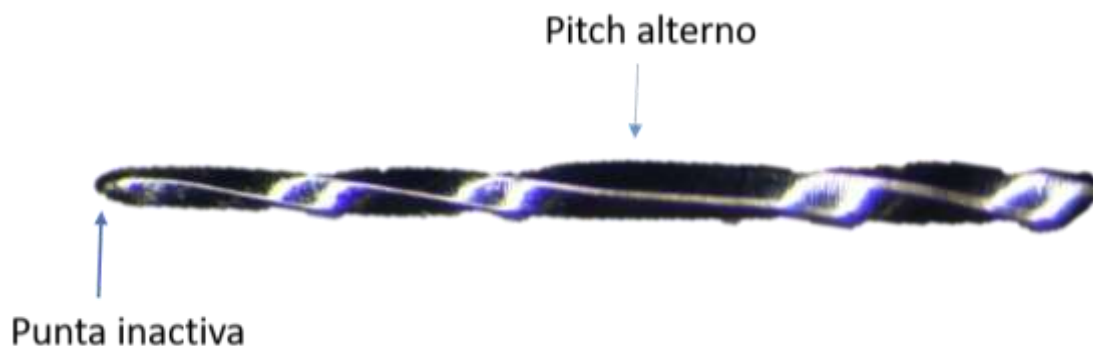


Fig. 41. Parte Activa del instrumento. Imagen propia.

El sistema se distribuye es un empaque donde los instrumentos están estériles, y consta de 6 instrumentos: 2 de diámetro 10, 15 y 20 con conicidad .02. Como se muestra en la figura 42.



Fig. 42. Empaque de Scout RaCe. Imagen propia.



Cada instrumento tiene un tope de silicona de color azul, lo que indica la longitud del instrumento (25 mm) y el tope SafetyMemoDisc (SDM).

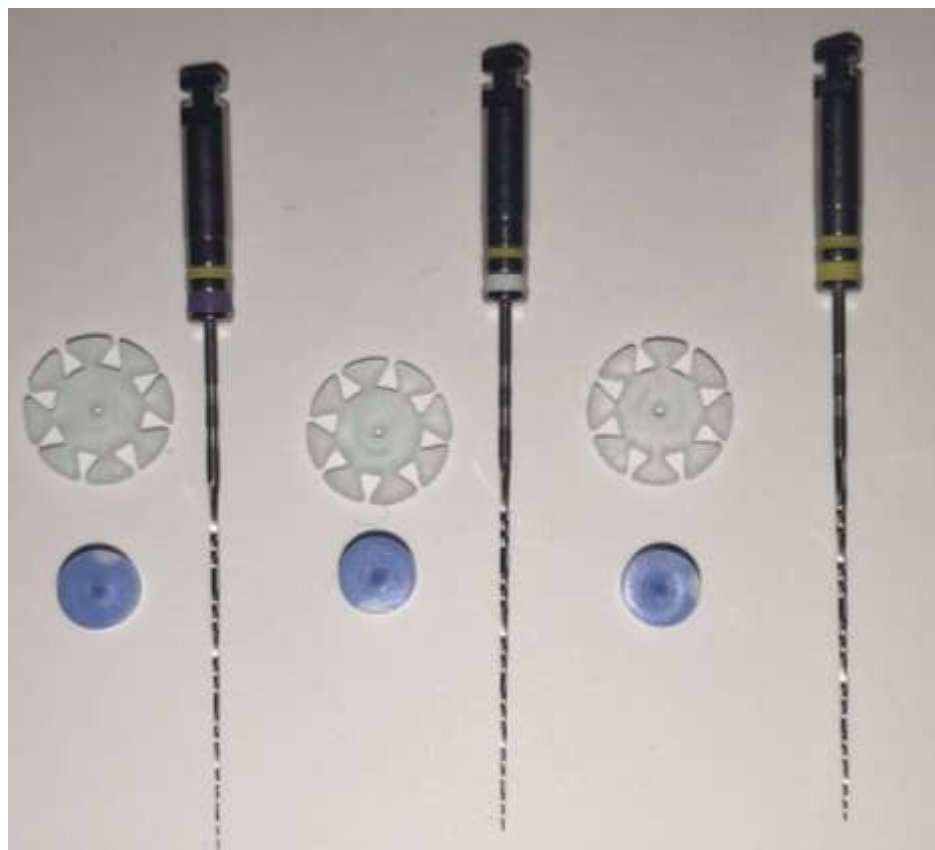


Fig. 43. Sistema Scout RaCe. Imagen propia

Este sistema rotatorio trabaja a una velocidad de 600/800 RPM y es usado después que se determinó la longitud de trabajo.

Scout RaCe tiene la habilidad de conformar y hacer glide path con mayor rapidez que con instrumentos manuales. Respeta la anatomía de tercio medio y apical y no presenta transportación. Se adaptan perfectamente a la forma del conducto, gracias a su conicidad .02 es más flexible. Scout Race se puede usar sin presión hasta la longitud de trabajo. (25)



La casa comercial FKG ofrece las siguientes características del sistema Scout RaCe:

- Exclusivo consejo de seguridad redondeado para una guía precisa
- Alternar los bordes de corte para eliminar el efecto de atornillado
- Bordes afilados para la mejor eficacia de corte
- Pulido electroquímico para una mejor resistencia a la torsión y la fatiga
- SafetyMemoDisc para dominar la fatiga del metal y contar el número de usos.

Protocolo Clínico de instrumento Scout RaCe

1. Uso de instrumento K .08, .10 para determinar la longitud de trabajo, confirmada con localizador de foramen apical.
2. Irrigación con hipoclorito de sodio, NaOCl
3. Con movimientos suaves a 600 rpm, ensanchar el conducto con la secuencia #10, 15 y 20 del sistema Scout RaCe a la longitud de trabajo. Sin aplicar excesiva presión apical
4. Irrigación abundante con NaOCl entre cada instrumento
5. Continuar con secuencia principal de instrumentación (Bio Race) <sup>(26)</sup>

El diseño de la sección transversal, el ángulo helicoidal son factores que afectan la distribución de la tensión. La sección transversal del instrumento Scout RaCe con conicidad 0.02 lo hace más resistente al torque.

La alta flexibilidad de los instrumentos rotatorios está relacionada con el bajo módulo de elasticidad. Así como la composición química y tratamientos termomecánicos aplicados durante la fabricación del instrumento <sup>(27)</sup>

La prueba de flexibilidad, es importante para predecir el rendimiento y comportamiento mecánico de los instrumentos en canales curvos, según el estudio realizado por Helio P. Lopes se demostró que el instrumento Scout Race, ®FKG, tiene significativamente mayor flexibilidad, en comparación con instrumentos de otras casas comerciales, debido a su bajo módulo de





elasticidad, facilitando así, el seguimiento de la curvatura y evitar accidentes durante la instrumentación.

Los instrumentos de aleación NiTi son más resistentes a la fractura por fatiga cíclica que los instrumentos de acero inoxidable. Sin embargo los instrumentos de acero inoxidable son más resistentes a la flexión, por su bajo módulo de elasticidad, por ello en el protocolo para glide path, la exploración inicial se realiza con instrumentos de acero inoxidable.

Los instrumentos de NiTi presentan mayor flexibilidad, pues los instrumentos de acero inoxidable presentan un módulo de elasticidad alto, lo que hace a los instrumento de NiTi más confiables en la instrumentación de conductos con curvaturas pronunciadas y con esto eliminar el riesgo a la fractura.

Durante la prueba de torsión, los instrumentos NiTi mostraron mayor deflexión angular (rotación hasta la fractura) en comparación con los instrumentos de acero inoxidable. Muchos autores consideran la deflexión angular como el parámetro principal que influye en la fractura torsional de los instrumentos y no al torque máximo. Esto es porque durante el uso clínico, las revoluciones pueden servir como un factor de seguridad respecto a la fractura torsional. (28). A mayor deflexión angular para la fractura torsional de un instrumento, presentará mayor deformación elástica y plástica antes de alcanzar la fractura. En conclusión el instrumento Scout RaCe tiene el potencial de ofrecer mayor seguridad contra la fractura en su uso clínico.

Un resultado similar fue obtenido por Ajuz et al, donde el instrumento Scout RaCe se desempeñó mejor a nivel de D0 mm en comparación con PathFile. Los modos de fractura de los instrumentos NiTi se describen principalmente como 2 tipos, fatiga torsional o cíclica En el caso de un conducto radicular con calcificación, el instrumento rotatorio de NiTi tiende a tener un mayor esfuerzo torsional en las primeras etapas de la preparación del conducto radicular.

Así, para reducir el riesgo de fractura de los instrumentos NiTi, es altamente recomendable realizar Glide path, el instrumento Scout RaCe es sometido a electro pulido, que elimina las imperfecciones de la superficie que de otro



modo podrían provocar fracturas u otros inconvenientes, además de mantener el borde contante más afilado, lo cual ayuda a la fácil limpieza del instrumento haciéndolo más duradero. El instrumento resulta con mayor resistencia al desgaste, mayor eficacia de corte y menor fricción. (29)

A diferencia del estudio realizado por Miki NISHIJO, el instrumento Hyflex EDM (Coltene-Whaledent, Allstetten, Switzerland) mostró significativamente mayor resistencia a la fractura, y un tiempo más largo a la fractura cíclica comparada con Hyglex GPF y Scout RaCe. GPF mostró cargas de flexión significativamente más bajas y valores más altos de deflexión angular que EDM y Scout RaCe, y un tiempo significativamente más largo para la fractura cíclica que Scout RaCe.

El tiempo hasta la fractura cíclica fue significativamente mayor en reciprocidad en comparación con la rotación continua en EDM y GPF, mientras que los niveles de fuerza de atornillado no fue afectado por la diferencia en el movimiento.

Ismail Davut Capar, en su estudio, probó dos instrumentos utilizados para glide path, dentro de ellos Scout RaCe, poniéndolos a prueba en dos curvaturas diferentes, demostrando que el radio y ángulo de la curvatura son factores importantes en la vida útil del instrumento. Factores como el tipo de aleación, tratamiento térmico, pitch, ángulo helicoidal, sección transversal, forma y dimensiones influyen en la elasticidad y fatiga cíclica. Los resultados de Ismail Davut, mostraron que el instrumento Hy flex GPF tenía el mayor número de ciclos de fractura. La geometría de la sección transversal tuvo menor resistencia a la rotura torsional, que aquellos con una geometría cuadrada de sección transversal, lo cual está relacionado a la menor masa metálica presente en instrumentos con sección transversal triangular. (30)

Natasha en su estudio comparo dos instrumentos con demasiadas similitudes, dentro de ellos el instrumento Scout RaCe. Los resultados de este estudio fue que el instrumento Scout RaCe causó menor modificación en la anatomía del conducto radicular. Las razones para un mejor rendimiento esta relacionado



con su mayor elasticidad, por su diferencia en el ángulo helicoidal del instrumento. La punta del instrumento Scout RaCe es menos agresiva que el instrumento PathFile. Los hallazgos demostraron que los instrumentos rotatorios de NiTi son adecuados para la realización de glide path, previa a la conformación rotatoria de NiTi, pues desarrollaron una desviación menor de la anatomía original del conducto radicular, en comparación con los instrumentos manuales. Y en cuanto al estudio de los dos instrumentos rotatorios para glide path, Scout RaCe mostro significativamente mayor éxito en la conformación de conductos radiculares con doble curvatura. (31)



## CONCLUSIONES

La terapia de conductos se concentra en la limpieza y conformación de los conductos radiculares, eliminando todo el tejido pulpar inflamado o necrótico y dentina. Por ello es importante conocer el término que fue introducido por Herbert Schilder; limpieza y conformación de los conductos radiculares, que busca la eliminación de tejido pulpar contaminado así como las bacterias presentes.

La limpieza y conformación de los conductos radiculares se lleva a cabo por medio de instrumentos endodóncicos y agentes irrigantes. Existen diferentes instrumentos para el procedimiento, pueden ser manuales o mecanizados, de acero inoxidable o níquel titanio. Estas características afectaran directamente el rendimiento del instrumento.

Los instrumentos mecanizados pueden presentar tanto fatiga torsional como cíclica dentro del conducto radicular, para la disminución de esta fatiga y prevenir una futura fractura se lleva a cabo el procedimiento de glide path, ayudando al mejor rendimiento de los instrumentos rotatorios.

El glide path se debe realizar con instrumentos de características especiales como son: conicidad y diámetro fino, punta inactiva que servirá como guía respetando mayormente la anatomía del conducto radicular, los instrumentos deben de ser los suficientemente flexibles para resistir la fatiga torsional y cíclica.

El instrumento Scout RaCe, es usado para glide path pues según la literatura en los últimos estudios realizados, es un instrumento con una sección transversal cuadrada, lo que lo hace más vulnerable a la fractura torsional, pero es un instrumento con altos niveles de flexibilidad por lo que respeta la anatomía del conducto radicular. Por otro lado el instrumento es sometido a electro pulido, eliminando las imperfecciones, disminuyendo así el riesgo de fractura.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cohen S. Vías de la pulpa. 10ª edición. Barcelona: Editorial Elsevier. 2011. Pp. 234, 205-307.
2. Cohen S. Vías de la pulpa. 11ª edición. Barcelona: Editorial Elsevier. 2016. Pp. 209-231.
3. De Lima Machado M.E. Endodoncia, ciencia y tecnología, tomo 1. Amolca. 2016. Pp. 275-291
4. Siju J. Current Trends In Cleaning And Shaping. FAMDENT 2006; Vol. 6. Pp. 1-3.
5. González Teixeira M. Objetivos del Tratamiento de conducto. 2006. Pp. 51
6. Orozco Anaya Elisa. Determinación de la longitud de trabajo en base a la constricción apical empleando Root Zx, iPex y radiovisiógrafo; estudio comparativo. UAEM. 2013. Pp. 4-14.
7. Rodríguez-Ciklitschek, c. & oporto, v. G. H. Determinación de la longitud de trabajo en endodoncia. Implicancias clínicas de la anatomía radicular y del sistema de canales radiculares. Int. J. Odontostomat. 2014. Pp. 177-183.
8. Leonardo M.R. De Toledo.L:R. Endodoncia: conceptos biológicos y recursos tecnológicos. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamérica; 2009. Pp: 257-277.
9. American Association of Endodontists: Glossary of Endodontic Terms. 7th ed., Chicago, IL, USA, 2003.
10. Hülsmann. M. Peters O.A. Dummer M.H.P. Mechanical preparation of root Canals: Shaping goals, techniques and means. Endodon. T. 2005. Pp. 37-39.
11. Dhingra. A. Glide Path in endodontics. Endodontology Vol. 26. 2014. Pp. 217-221.
12. Gil, F.X. Optimización de las aleaciones de NiTi porosas para aplicaciones biomédicas. 2005. Pp- 11-13.



13. Teramoto. O. A. Importancia clínica del punto austenítico final en la selección de las aleaciones de níquel-titanio para su aplicación en ortodoncia. ROM. Vol 20.2016. Pp. 166-168.
14. Burgos F. Aleación níquel titanio en endodoncia. 2013. Pp. 5-21.
15. John T.L. Walker P.M. Variability of the diameter and taper of size #30, 0,04 Nickel - Titanium rotary files. JOE. Vol 32.2006. Pp. 1171-1172
16. Fernández-Ponce de León YF, Mendiola-Aquino C. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. Rev Estomatol Herediana. 2011. Pp. 51-54.
17. Barrancos M. J. Operatoria Dental. 4ª edición. Editorial Panamericana. 2006. Pp. 149.
18. Raeesi D. et al. Mechanical properties of Glide Path preparation instruments with different pitch lengths. JoOE. Vol44, 2018. Pp. 864.
19. Martin Vorster, et al. Influence of glide path preparation on the shaping times of WaveOne gold in curved mandibular molar canal. JOE, vol 44. 2018. Pp.853.
20. Sang Won.K. Effects of pitch Length and heat treatment on the mechanical properties of the glide path preparation instruments. JOE. Vol 42. 2016. Pp. 788.
21. Aguilera Muñoz Felipe. Seminario instrumental rotatorio: protaper, RaCe, reciprocantes, UV. Chile. 2013. Pp 12-16.
22. [https://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg\\_irace\\_brochure\\_es\\_ve.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_irace_brochure_es_ve.pdf)
23. Catálogo, FKG, 2017. Pp. 17-25
24. [https://www.fkg.ch/sites/default/files/201702\\_fkg\\_scouttrace\\_flyer\\_en\\_v4\\_web.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/201702_fkg_scouttrace_flyer_en_v4_web.pdf)
25. <https://www.dental-tribune.com/clinical/scouting-the-root-canal-with-dedicated-niti-files/>
26. Shova W., Mezbah Ul. A. Endodontic Glide Path: a review. Journal of Dental Sciences. Vol 5. 2017. Pp. 13-15



27. R. K. L. Nakagawa<sup>1</sup>, J. L. Alves<sup>1</sup>, V. T. L. Buono<sup>2</sup> & M. G. A. Bahia<sup>1</sup>. Flexibility and torsional behaviour of rotary nickel-titanium PathFile, RaCe ISO 10, Scout RaCe and stainless steel K-File hand instruments. *International Endodontic Journal*, 2014. Pp 290–297.
28. Helio P. Lopes, LD,\* Carlos N. Elias,. Mechanical Behavior of Pathfinding Endodontic Instruments. *JOE* . Volume 38. 2012. Pp 1417-1421.
29. Ricardo Affonso Bernardes, Root Canal Area Increase Promoted by the EndoSequence and ProTaper Systems: Comparison by Computed Tomography. *JOE* — Vol 36, 2010. Pp 1179-1181.
30. Ismail Davut Capar. et al. Comparison of the Cyclic Fatigue Resistance of 5 Different Rotary Pathfinding Instruments Made of Conventional Nickel-Titanium Wire, M-wire, and Controlled Memory Wire. *JOE*. Vol 41. 2015. Pp 534-535
31. Natasha C.C. Ajuz et al. Glide Path Preparation in S-shaped Canals with Rotary Pathfinding Nickel-Titanium Instruments. *JOE*. Vol 39 2013. Pp 536-537.