



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS CON
PROTAPER® UNIVERSAL MANUAL, DENTSPLY, EN 3D.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

AMEYALLI FLORES ZARATE

TUTOR: Esp. MARIO GUADALUPE OLIVERA EROSA

ASESOR: C.D. JOSE LUIS CORTÉS PARRA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

Agradezco a mi familia, mi principal apoyo constante e incondicional a lo largo de mi vida, por el cariño, la paciencia, más aún les agradezco por alegrar cada momento que hemos vivido juntos, gracias por su compañía, su confianza, por hacer posible y participar en uno de mis sueños, mi carrera profesional.

A mis padres en particular, les agradezco por sus enseñanzas que me han brindado, y por creer en mí en todo momento.

A mi mejor amiga gracias por las risas, alegrías, tristezas, locuras, gracias por estar ahí cuando más nos necesitamos, eres como la hermana que nunca tuve.

Amor, estoy agradecida infinitamente contigo, por el apoyo incondicional, el cariño y la paciencia que me has tenido a lo largo de este tiempo, estoy muy feliz de poder compartir este proyecto contigo.

A todos mis amigos gracias por hacer este camino un poco más sencillo, con sus buenos consejos, compañía y apoyo inigualable.

Les agradezco al Esp. Mario Olivera, mi tutor, y al C.D José Luis Cortés, mi asesor, por sus sabios consejos y guiarme en la realización de este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, le agradezco por los buenos profesores, las facilidades que me brindo a lo largo de mi carrera y sin pasar por alto, por permitirme formar parte de su comunidad.



Índice

Introducción.....	5
Objetivos.....	6
Antecedentes.....	7
1. Características de la aleación NiTi.....	18
1.1. Efecto de memoria de forma.....	21
1.2. Superelasticidad.....	22
2. Generalidades de los instrumentos NiTi.....	24
2.1. Características Morfológicas de los instrumentos NiTi.....	24
2.1.1. Mango.....	25
2.1.2. Porción activa.....	25
2.1.3. Estrías.....	25
2.1.4. Conicidad del instrumento.....	26
2.1.5. Superficie radial.....	28
2.1.6. Ángulo de inclinación o ataque.....	28
2.1.7. Borde cortante o guía.....	29
2.1.8. Ángulo helicoidal.....	30
2.1.9. Diseño de la punta.....	31
2.1.10. Núcleo del instrumento o corte transversal.....	32
2.1.11. Distribución de la masa metálica.....	32
2.1.12. Distancia entre los bordes cortantes (<i>Pitch</i>).....	33
2.1.13. Acabado Superficial.....	34
3. Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply.....	35
3.1. Características morfológicas particulares del Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply.....	46



4. Limpieza y conformación de conductos.....	52
4.1. Introducción.....	52
4.2. Técnica de conformación radicular <i>Crown-Down</i>	56
4.3. Técnica de instrumentación radicular Fuerzas Balanceadas.....	57
4.4. Técnica de instrumentación del Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply.....	58
5. Causas de separación de los instrumentos NiTi.....	64
5.1. Estrés de torsión.....	64
5.2. Estrés de flexión.....	64
5.3. Causas y Prevención de separación de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply.....	66
5.3.1. Causas Clínicas.....	66
5.3.2. Causas Metalográficas.....	66
Conclusiones.....	69
Referencias Bibliográficas.....	70



Introducción

Actualmente existen muchos instrumentos para la conformación de conductos elaborados con distintos materiales, uno de ellos aún vigente, es el acero inoxidable; una nueva generación de instrumentos elaborados con aleación de Níquel-Titanio, está siendo utilizado en el área de Endodoncia por su superelasticidad y efecto de memoria de forma.

Los instrumentos de NiTi se dividen hasta la actualidad en cinco generaciones según Haapasalo, cada una con grandes cambios en los instrumentos. En la segunda generación se ubica el sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply, introducido en el año del 2006.

La instrumentación mecánica es una de las etapas más importantes durante el tratamiento del sistema de conductos radiculares, así como los instrumentos utilizados para realizarlo.

En el presente estudio se describe el sistema ProTaper® Universal Manual, su importancia del uso de NiTi en el área de Endodoncia, así como la técnica de uso, las ventajas y desventajas durante el uso clínico.



Objetivos

- Conocer el sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply, sus características y la técnica para la preparación de conductos.
- Conocer algunos antecedentes históricos acerca de los instrumentos endodóncicos.
- Reconocer las características de la aleación NiTi, así como las características morfológicas de los instrumentos endodóncicos.
- Identificar la importancia de la limpieza y conformación, en el tratamiento de conductos radiculares.
- Conocer las causas y la prevención de fractura de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply.
- Crear material didáctico en 3D acerca de la técnica de instrumentación utilizando ProTaper® Universal Manual, Dentsply.

Antecedentes Históricos

Con el paso de los años los instrumentos utilizados para la preparación de conductos radiculares ha ido evolucionando para obtener un resultado más favorable del tratamiento endodóncico. Los primeros reportes datan del año 1838, Edwin Maynard diseña el primer instrumento endodóncico a partir de un muelle de reloj (Fig. 1). Con dichos instrumentos se pretendía desgastar y limpiar el conducto, realizando el tratamiento de ápice a corona, muy doloroso y traumático para el paciente.^{1, 2, 3}

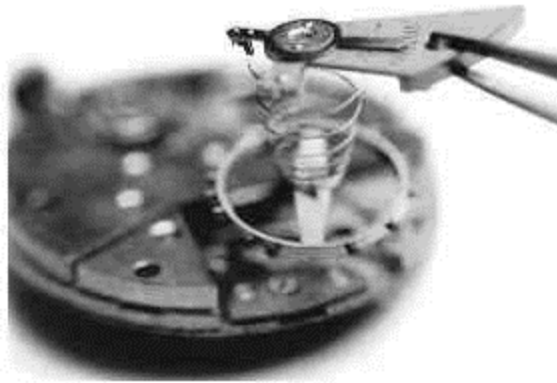


Fig. 1 Muelle de reloj

Fuente:<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/mas/muelle/historia.htm>

Los primeros instrumentos endodóncicos fabricados manualmente en el año 1875, fueron elaborados de alambre delgado de acero, llevaban la función similar a la de los tiranervios actuales. En esta época les resultaba mucho más importante la obturación que la limpieza de los conductos radiculares, hasta que existieron avances en el área de Radiología, Anestesia y Microbiología cambiando así la manera de pensar dándole más importancia a la limpieza de los conductos radiculares, que a la obturación.¹



En el año de 1932, Grove V. Skillen, menciona que es necesario raspar las paredes de los conductos radiculares para eliminar el tejido pulpar. Él pensaba que los restos pulpares eran los causantes de los fracasos en los tratamientos de conductos. Por lo tanto Grove diseña 'instrumentos estandarizados y conos de oro' para su práctica privada.¹

La fabricación de instrumentos de acero carbono comienza en el año 1950.³ John I. Ingle, en 1955, manifiesta la necesidad de fabricar instrumentos endodóncicos estandarizados. En 1961 es sustituido el acero carbono por acero inoxidable gracias a sus mejores propiedades³, además Ingle crea una estandarización, que se basaba en un código de colores para diferenciar entre instrumentos delgados, gruesos, entre muchas otras características.^{1, 4}

En 1962, la Asociación Americana de Endodoncia (A.A.E) aceptó la estandarización de los instrumentos endodóncicos propuesta por Ingle y Levine, que consistía en un aumento gradual del diámetro. Gracias a ello los tratamientos de conductos fueron perfeccionados. La estandarización fue a nivel mundial, como consecuencia surge la norma *ISO (por sus siglas en inglés International Standards Organization)*.³

Anteriormente las limas eran fabricadas con una numeración arbitraria, no uniforme entre los instrumentos, con una numeración del 1 al 6, dependiendo del fabricante. El sistema de estandarización y los acuerdos entre los distintos fabricantes para la manufactura de limas es un desarrollo muy reciente, en el cual, la norma de estandarización proporciona un sistema de numeración que indica a centésimas de milímetro el diámetro de la punta del instrumento. También los colores de los instrumentos fueron estandarizados, se repiten cada seis instrumentos, con la excepción de los primeros tres (Fig. 2).³

Código de color	Calibre ISO
	006
	008
	010
	015
	020
	025
	030
	035
	040
	045
	050
	055

Fig.2 Ejemplo de la estandarización de los instrumentos, por código de color y calibre

Fuente:https://www.google.com.mx/search?q=endodoncia,+limas+de+acero+carbono&biw=1024&bih=1147&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjG2bzew5LPAhWZ8oMKHfbhCEYQ_AUIBigB&dpr=0.66#tbm=isch&q=estandarizacion+iso%2C+limas+endodoncia&imgdii=_QOL2-pnvjMjjM%3A%3B_QOL2-pnvjMjjM%3A%3B3yKXCOBsUlm6M%3A&imgrc=_QOL2-pnvjMjjM%3A

El doctor estadounidense Herbert Schilder (Fig. 3) en 1974 desarrolló una técnica de instrumentación de conductos llamada *Cleaning and Shaping*, traducida como *limpiando y modelando* el conducto radicular. El objetivo de esta técnica, es eliminar el tejido pulpar, así como la conformación de un diámetro mayor en cervical y menor en apical obteniendo una obturación más hermética.³

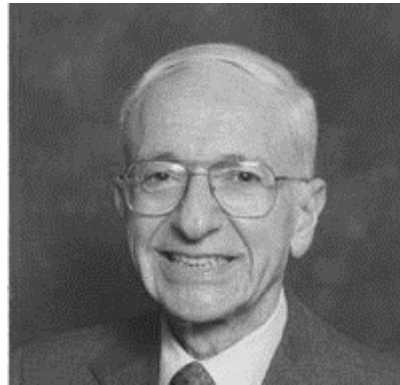


Fig. 3 Dr. Herbert Schilder

Fuente: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/6636-revolutionary-advances-part-3-pursuit-of-the-3-d-cork>

Autores como Mullaney, Clem y Schilder en 1974, describen una técnica de retroceso, llamada telescópica o *Step Back*, ideada para conductos muy curvos donde se prepara la porción apical con instrumentos de menor diámetro y se continúa ensanchando con el uso de instrumentos de mayor calibre a nivel del ápice, preparando en forma escalonada y progresiva, utilizando la recapitulación o repetición con los primeros instrumentos empleados para evitar el bloqueo del conducto con dentina.^{1, 2, 5}

En el año 1980, James Marshall y John Pappin se basan en el principio de la técnica de Schilder, *Cleaning and Shaping*, y desarrollan la técnica denominada *Crown-Down Pressureless Preparation* (por su traducción al español: Preparación Corono-Apical sin presión) que hasta nuestros días sigue vigente y es un precursor en la creación de nuevos instrumentos endodóncicos, como los sistemas rotatorios.^{2,3}

Los primeros instrumentos fabricados sin importar su base del asta metálica: triangular, cuadrangular, circunferencial, etc., contaban con una punta activa.



Fue hasta el año de 1985 donde se diseñan nuevos instrumentos con puntas inactivas no cortantes, surgiendo las limas Flex-R[®], Miltex. Estas limas fueron utilizadas para realizar la técnica de instrumentación “Fuerzas balanceadas” propuesta por James B. Roane y colaboradores, que consiste en giros de los instrumentos, un cuarto de vuelta en sentido horario y media vuelta en sentido antihorario con una ligera presión apical.³

En el año 1988 surge una nueva generación de limas elaboradas con materiales que proporcionan mayores beneficios durante la conformación del conducto radicular. Este material fue la aleación níquel-titanio (NiTi) 55% níquel y 45% titanio, dicha aleación fue investigada y fabricada por el Naval Ordnance Laboratory (N.O.L.), en Silver Spring, EUA, denominada Nitinol. Este material fue utilizado en la NASA (National Aeronautics and Space Administration) para la elaboración de antenas de naves espaciales. Fue utilizada por primera vez en odontología, en el área de Ortodoncia, por presentar las propiedades de mayor flexibilidad y gran resistencia a la fractura.³

Harmeet D. Walia y cols., en 1990, son los primeros en utilizar el Nitinol para la fabricación de limas endodóncicas, las cuales presentaban mayor flexibilidad a la torsión y flexión, además de ser más resistentes a la fractura torsional en comparación con limas convencionales.⁴ Un ejemplo de estas limas manuales, son NiTiflex[®], Dentsply, (Fig. 4) las cuales cuentan con los beneficios de la aleación NiTi, superelasticidad y el efecto memoria de forma, es decir, regresan a su forma original y no hay necesidad de precurvarlas, además de estar indicadas para conductos radiculares muy curvos.⁶



Fig. 4 Limas NiTiflex®, Dentsply

Fuente: https://spanish.alibaba.com/promotion/promotion_limas-dentales-promotion-list.html

La primera generación de limas rotatorias de Nitinol surge en 1994, cuando fue introducido el sistema ProFile® por el Dr. William Ben Johnson, este sistema contaban con un gran número de instrumentos para lograr una buena preparación de conductos radiculares, presentaban conicidad constantes y áreas de corte pasivo. Estos instrumentos revolucionaron y cambiaron el pensamiento de muchos profesionales. Además de ProFile®, salen al mercado otros sistemas como Quantec Series® (SybronEndo) por el Dr. John McSpadden, además del GT System® (Dentsply), LightSpeed® (SybronEndo), entre otros (Fig. 5).^{1,3,4}



Fig. 5 Sistema Lightspeed® SybronEndo (A) y GT System® Denstply (B)

Fuente: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/1092.html>

Se desarrolló una segunda generación en el año 2001, que redujo la cantidad de limas para realizar la preparación de conductos radiculares, además de cambiar los bordes de corte, tener múltiples conicidad que aumentaban y disminuían en una sola lima. Uno de los sistemas más relevantes fue el sistema rotatorio ProTaper® (Dentsply Tulsa) introducido en el año 2001, desarrollado por un grupo de endoncistas, el Dr. Clifford Ruddle, el profesor Pierre Mactou, Jhon West y Ben Jhonson; y diseñado por François Aeby y Gilbert Rota, de Dentsply Maillefer en Suiza. En el año del 2006 se introduce el sistema ProTaper® Universal, Dentsply (Fig. 6), en versión rotatoria y manual; los dos sistemas constan de seis limas; tres limas de conformación, SX, S1 y S2 con diámetros de 0.19, 0.10, y 0.20mm y tres limas de acabado, F1, F2 y F3 con diámetros de 0.20, 0.25, 0.30mm; y dos limas opcionales de acabado F4 y F5, con diámetro de 0.40 y 0.50mm. ^{2, 3, 4, 7, 8.}



Fig. 6 Sistema ProTaper® Universal, Dentsply (A) y Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply (B).

Fuente: <http://www.medicaexpo.es/prod/dentsply-international/product-72090-654240.html>

Los avances en la investigación y el perfeccionamiento de la microestructura en las aleaciones de NiTi ayudó a la creación de una tercera generación en el 2008, ejemplos de estos sistemas son: Twisted File® (SybronEndo), HyFlex® (Coltene) (Fig. 7), GTX® (Dentsply), M-wire® (SportsWire), PathFile® (Dentsply), CM Wire® (DS Dental), que presentaban como características un tratamiento térmico especial al níquel-titanio utilizado en las limas para dar mayor resistencia, al estrés y fatiga de las limas. ^{7,9}

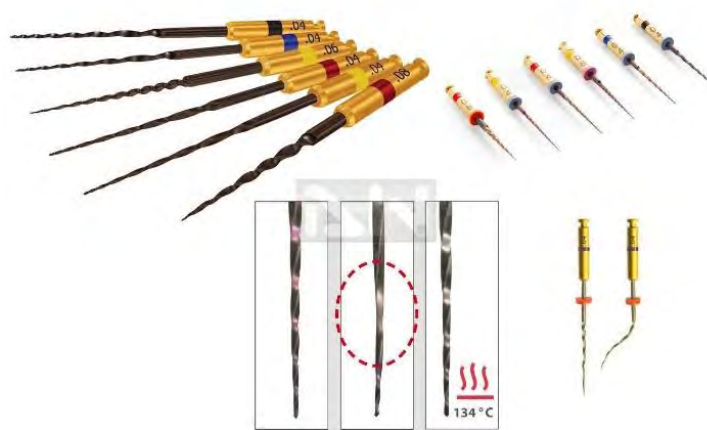


Fig. 7 Sistema recíprocante HyFlex®, Coltene

Fuente: <http://www.angroup.eu/products/find/2/?0812-A>

La cuarta generación de limas surge en el año 2010, tomando en cuenta movimientos recíprocantes, es decir, limas con un movimiento diferente de los rotatorios, para realizar con un solo instrumento la conformación total del conducto radicular. Los sistemas que trabajan con base en un movimiento recíprocante son WaveOne® (Dentsply), (fig. 8) Reciproc® (VDW), entre otros. ^{7, 9.}



Fig.8 Sistema WaveOne®, Dentsply

Fuente: <http://www.dentaltonet.com.br/lima-reciprocante-wave-one-maillefer-dentsply>

La quinta generación de limas cuenta con algunos sistemas que conservan el concepto de la reciprocidad y otros que presentan un movimiento ondulante en la parte activa de la lima. Ambos casos pretenden realizar una mejor conformación del conducto radicular en menor tiempo. Estos sistemas utilizan un menor número de instrumentos. Es la actual generación de limas existentes en el mercado de los cuales destacan, ProTaper® Next (Dentsply), (Fig. 9) M-Two® (VDW), Race® (FKG-Dentaire), WaveOne® Gold (Dentsply), TF Adaptive® (SybronEndo), IRace® Plus (FKG-Dentire), HyFlex® CM (Coltene), entre otros.⁹



Fig. 9 Sistema ProTaper® Next, Dentsply

Fuente: <http://porticus.usantotomas.edu.co:8080/xmlui/handle/11634/1077>



En la siguiente tabla se muestran las cinco generaciones de limas de níquel-titanio, con sus respectivos sistemas, mencionadas por diferentes autores como Cassai, Haapasalo y Ya Shen (Tabla 1).^{4, 9}

Generación de limas		
NiTi	Sistema	Casa Comercial
Primera 1994-2000	ProFile®	Dentsply
	Quantec Series®	SybronEndo
	GT System®	Dentsply
	ProFile 29®	Maillefer-Dentstplay
	Hero 642®	Micro-Mega
	LightSpeed®	SybronEndo
Segunda 2001-2006	ProTaper®	Dentsply
	ProTaper® Universal	Dentsply
	K3®	SybronEndo
	M-Two®	Sweden & Martina
	Flexmaster®	Dentsply
Tercera 2008-2009	HyFlex®	Coltene
	Twisted File®	SybronEndo
	GTX®	Dentsply
	Vortex®	Dentsply
	M-wire®	SportsWire
	CM Wire®	DS Dental
	Pathfile®	Dentsply
Cuarta 2010-2011	WaveOne®	Dentsply
	K3XF®	SybronEndo
	Reciproc®	VDW



Generación de limas		
NiTi	Sistema	Casa Comercial
Quinta	ProTaper® Next	Dentsply
	Revo-S®	Micro-Megan
	One Shape®	Micro-Megan
	G-Files®	Micro-Megan
	Proglider®	Dentsply
	M-Two®	VDW
	Race®	FKG-Dentaire
	IRace®	FKG-Dentaire
	BT-Race®	FKG-Dentaire
	HyFlex CM®	Coltene
	TF Adaptive®	SybronEndo
	WaveOne® Gold	Dentsply
ProTaper® Gold	Dentsply	

Tabla 1. Generaciones de limas de níquel-titanio y ejemplos de sistemas. ^{1, 4, 7, 9, 10}

1. Características de la aleación NiTi

El área de Endodoncia se ha beneficiado de la aleación de NiTi, ya que es superior al acero inoxidable. Cuenta con una mayor flexibilidad (Fig. 10) que las limas de uso habitual, es mucho más resistente al desgaste y tiene mejores propiedades anticorrosivas. ^{5, 11 12, 13}

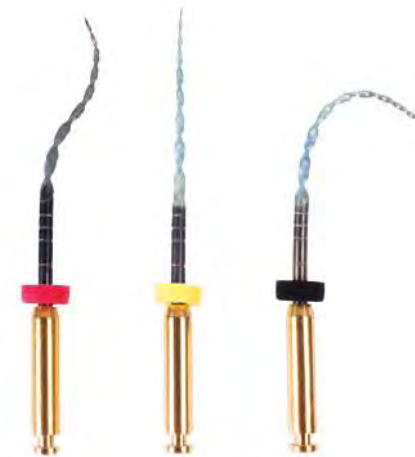


Fig. 10 Representación de la flexibilidad de los instrumentos NiTi

Fuente: http://www.endovations.es/alpha-ii/superendo-alpha-ii-starter-kit-blanco_2351

La composición de las limas de níquel-titanio consiste en un porcentaje de 56% de níquel y 44% de titanio aproximadamente. Gracias a esta aleación se dan las características de relevancia para la odontología, como son, la superelasticidad y efecto de memoria de forma, por lo tanto están indicadas para todo tipo de conductos incluyendo aquellos que presentan severas curvaturas. Una de sus desventajas es el riesgo de fractura o separación, la cual ha disminuido por el electropulido, el cual además incrementa la efectividad de corte. ^{5, 12, 13}

La aleación de NiTi se puede encontrar en dos estructuras cristalinas distintas según la temperatura en la que se encuentre la aleación, una llamada austenita (fase de temperatura superior o fase padre) y martensita (fase de temperatura inferior o fase hija) (Fig. 11). Esta estructura reticular cristalina puede ser alterada por la temperatura o la tensión. Cuando el material se encuentra en la forma martensita, es suave y dúctil y puede ser deformado, y cuando se encuentra en la forma austenita es fuerte y duro. ^{4, 12, 13}

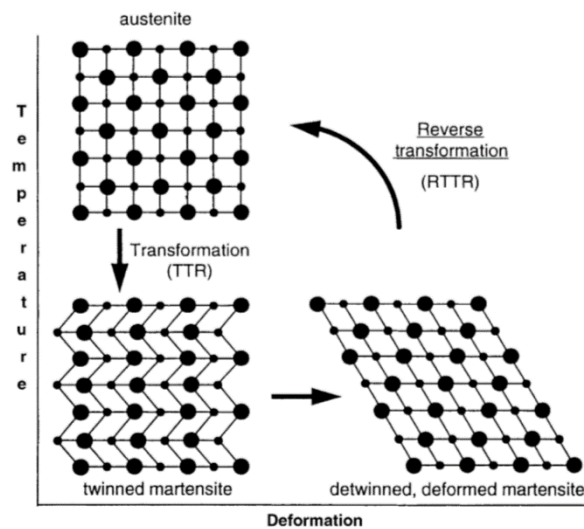


Fig. 11 Transformación martensítica

Fuente: Thompson S., An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry, International Endodontic Journal, 2000, 33, 297-310

La transformación martensítica se explica por la transformación entre la fase de austenita o fase matriz de una estructura cristalina de alta simetría a una fase de baja simetría, o martensita, La austenita es estable en altas temperaturas y bajos valores de tensión, y la martensita es estable a bajas temperaturas y altos valores de tensión. ^{12, 13}

Las temperaturas de la transformación martensítica e inversa, determinadas en muestras de instrumentos endodóncicos de NiTi, son en media: 18.2 °C de la fase austenita, y -2.3°C a la fase martensita. De 3.4°C de la fase martensita a 22.9°C de la fase austenita. ¹³

Los instrumentos endodóncicos se encuentran austeníticos a temperatura ambiente y la transformación martensítica e inversa de los instrumentos se produce dentro del conducto por la tensión de la curvatura (Fig. 12), que es donde se produce el efecto de superelasticidad. ¹³

Una ventaja de la flexibilidad aumentada en los instrumentos de NiTi, es causar menos trasportación del conducto radicular, cuando se realiza el movimiento rotatorio, es decir en la fase de instrumentación. ¹³



Fig. 12 Representación de la transformación martensítica dentro del conducto radicular

Fuente: <http://www.schwabingzahnarzt.de/Dentista-Terap%C3%A9utica-de-conductos-radicales.html>

Los instrumentos de NiTi “convencionales”, es decir, 1ra o 2da generación, tienen una estructura de austenita a temperaturas ambiente y corporal. En las generaciones actuales, se elaboran limas que son sometidas a distintos procesos de fabricación, para mejorar sus propiedades, en aspectos de resistencia y superelasticidad, manteniendo la fase martensita, en el comportamiento clínico, favoreciendo a la resistencia de separación del instrumento por fatiga. Tal como ProTaper® Universal Manual, Dentsply. ⁴

1.1. Efecto de memoria de forma

El efecto de memoria de forma es la capacidad de un instrumento que ha experimentado grandes deformaciones, de recuperar su posición inicial (con un ligero aumento en su temperatura), a la cual se le denomina transformación martensítica (Figs. 13 y 14). ^{12, 13}

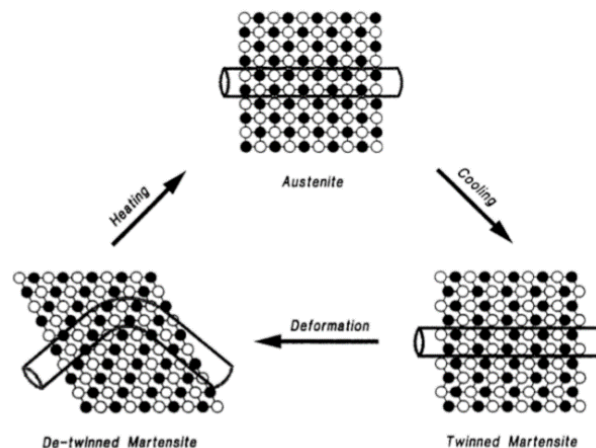


Fig. 13 Representación del efecto de memoria de forma

Fuente: Thompson S., An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry, International Endodontic Journal, 2000, 33, 297-310

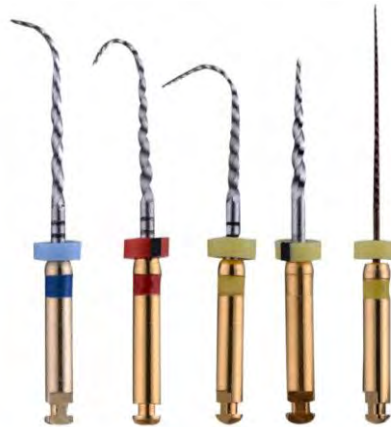


Fig. 14 Efecto de memoria de forma en instrumentos NiTi

Fuente: <http://www.easyinsmile.com/es/endodoncia/854-limas-para-endodoncia-rotatorio-archivo-x3-twisted-sin-romper-conductos-curvos-o-canales-superiores-de-la-espalda.html>

1.2. Superelasticidad

Los instrumentos de NiTi pueden ser ‘programados’, manipulando su composición química y efectuando los tratamientos termomecánicos necesarios, para que el instrumento deformado regrese a su posición inicial, con solo retirar la tensión del instrumento, sin la necesidad de aumentar su temperatura, a este efecto mecánico se le conoce como, superelasticidad, mientras que el efecto de memoria de forma es un efecto mecánico y térmico (Fig.15). Un instrumento de NiTi, que se ha deformado un 10% puede recuperarse en su totalidad (Fig.16).^{11, 12, 13.}

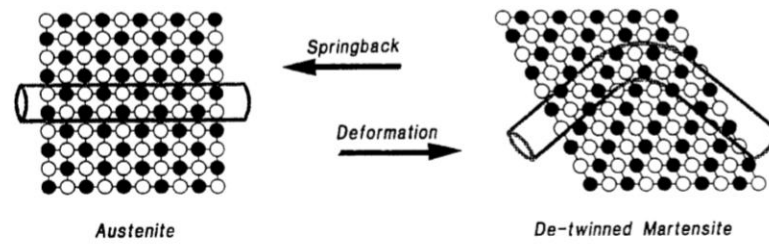


Fig. 15 Representación de la superelasticidad

Fuente: Thompson S., An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry, International Endodontic Journal, 2000, 33, 297-310



Fig. 16 Efecto de memoria de forma en instrumento de NiTi

Fuente: http://www.endovations.es/alpha-ii/superendo-alpha-ii-starter-kit-blanco_2351

2. Generalidades de los instrumentos NiTi

2.1. Características Morfológicas de los Instrumentos de NiTi.

Es de suma importancia tener el conocimiento de las características morfológicas de los instrumentos de NiTi (Fig. 17), para aprovechar sus ventajas y beneficios respecto a otros materiales, los instrumentos NiTi cuentan con un diseño general, que varía dependiendo de la casa comercial que lo fabrique (Fig. 18).^{5, 13}



Fig. 17 Instrumento rotatorio ProTaper® Universal, Dentsply

Fuente: http://www.odontotienda.com/15_dentsply?p=3

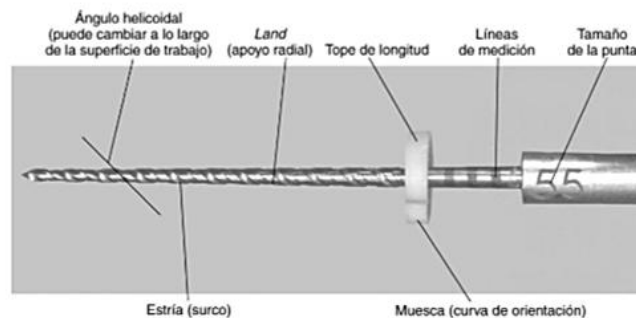


Fig. 18 Características morfológicas de instrumentos rotatorios de NiTi

Fuente: Cohen, S. Hargreaves K., *Vías de la Pulpa*, 10º Ed. España, Elsevier, 2011. pp 223-335

2.1.1. Mango

Zona del instrumento de NiTi, por la cual es activado con ayuda de un motor eléctrico para producir la rotación, o agregando un mango de silicón o plástico para su uso como instrumento manual (Fig. 19).¹⁴

2.1.2. Porción activa

Es el área del instrumento que realiza el corte, es decir la zona efectiva para la preparación de conductos radiculares (Fig. 19).¹³



Fig. 19 Porción o parte activa de instrumento

Fuente: <https://www.dentaltix.com/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>

2.1.3. Estrías

Son los surcos en la superficie de trabajo que recogen restos de tejido pulpar y dentina desgastada (Fig. 20). Su eficacia depende de la profundidad, anchura y configuración y acabado superficial de la superficie.^{5, 8, 13}



Fig. 20 Estrías señaladas por flechas

Fuente: Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, Artes Médicas, 2009. pp. 255-297, 315-344

Entre más estrías alrededor de la parte activa del instrumento, más puntos de concentración de estrés se forman favoreciendo la fractura, pero aumenta la flexibilidad. Cuando hay menos estrías en la superficie activa de corte, mayor es la resistencia a la deformación que experimenta un instrumento, resultando más rígido y menos flexible.¹³

2.1.4. Conicidad del instrumento

El término conicidad se conoce en inglés por la palabra *Taper* y es la cantidad de diámetro de la lima cada milímetro a lo largo de la superficie de trabajo desde la punta hasta el mango (Fig. 21).^{3, 5}

Las limas tipo K poseen una conicidad constante de .02, mientras que los instrumentos rotatorios de NiTi presentan diferentes conicidades o *tapers*, cuentan con una conicidad variable o progresiva, que varía entre .02 y .12.¹³ Cambia el concepto de la instrumentación de conductos curvos, facilitando la conformación con menor riesgo a la fractura (Fig. 22).³

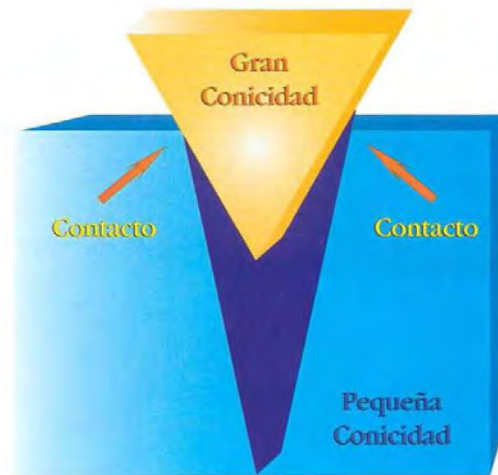


Fig. 21 Diferencia de una gran conicidad y una pequeña conicidad

Fuente: Leonardo Mario Roberto. Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Barcelona, España. Artes Médicas, 2002. pp. 3-34

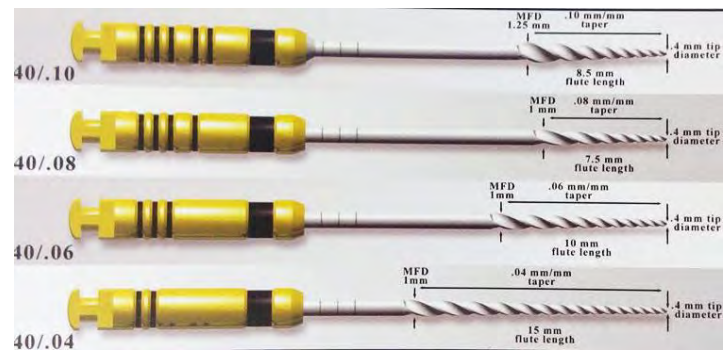


Fig. 22 Instrumentos con el mismo diámetro y distintas conicidades

Fuente: Castellucci, A. Endodontics Volumen II, Triende Edizioni Odontoiatriche, Italia, 2005. pp 356-393, 548-562

2.1.5. Superficie radial

Los instrumentos de NiTi cuentan con áreas de contacto, la superficie radial o *radial land* proporciona un plano de contacto del instrumento con la pared del conducto radicular (Fig. 23). Este plano permite que al girar el instrumento se deslice por las paredes del conducto, realizando el ensanchamiento del conducto, obteniendo un menor riesgo de fractura.^{13, 3}



Fig. 23 Superficie Radial o *land*

Fuente: Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, Artes Médicas, 2009. pp 255-297, 315-344

2.1.6. Ángulo de inclinación o ataque

Es el ángulo formado por la arista anterior y el eje largo de la lima. Si el ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada es obtuso, se dice que el ángulo de corte es **positivo o cortante** (Fig. 24).⁸

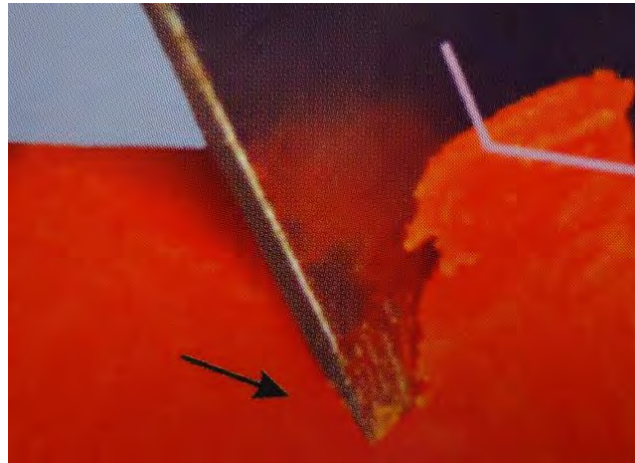


Fig. 24 Ángulo de corte positivo o cortante

Fuente: Rao N. Endodoncia Avanzada, India, Amolca, 2011. pp 141-179

Si el ángulo formado por la arista anterior y la superficie a ser cortada es agudo, se dice que el ángulo de incidencia es **negativo o de raspado** (Fig. 25).^{5, 8.}

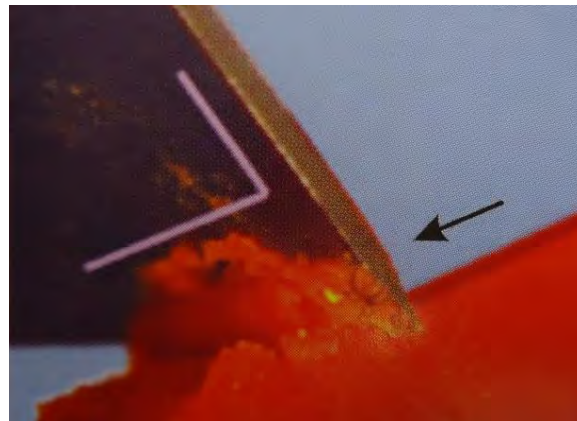


Fig. 25 Ángulo de corte negativo o de raspado

Fuente: Rao N. Endodoncia Avanzada, India, Amolca, 2011. pp 141-179

2.1.7. Borde cortante o guía

También conocido como hoja de lima, es formado por la superficie de mayor diámetro a continuación del surco, es decir, la intersección de la estría con el

surco. El borde cortante forma y arranca esquirlas de las paredes del conducto, al mismo tiempo, que corta y desgarrar los tejidos blandos (Fig. 26).^{5, 8.}

Cuando más cortante es la superficie de corte de un instrumento, menor es el número de estrías necesarias.¹³

2.1.8. Ángulo helicoidal

Es aquel que se forma del borde cortante con el eje longitudinal de la lima, este ángulo es importante ya que determina la técnica de limado a usar (Fig. 26).^{5, 8.}

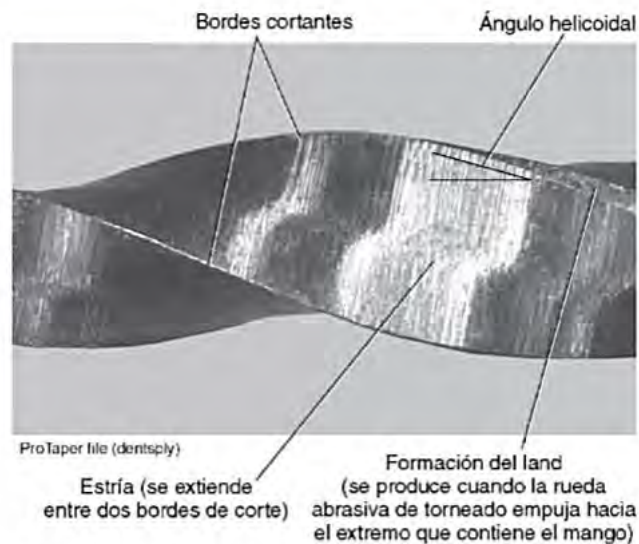


Fig. 26 Componentes de los instrumentos: borde cortante, ángulo helicoidal, estría, formación del *land*.

Fuente: Cohen, S. Hargreaves K., Vías de la Pulpa, 10^o Ed. España, Elsevier, 2011. pp 223-335

El ángulo de corte, el ángulo helicoidal y la conicidad, pueden variar a lo largo de la superficie de trabajo de la lima.⁵

Existe una menor transportación del conducto radicular cuando se utilizan instrumentos de gran flexibilidad, sección transversal asimétrica y superficie radial. ¹³

2.1.9. Diseño de la punta

Es la parte final de la lima, la cual puede ser cortante o no cortante. La punta del instrumento tiene dos funciones: ensanchar el conducto radicular y guiar la lima a través del mismo (Fig. 27). ^{5, 8.}

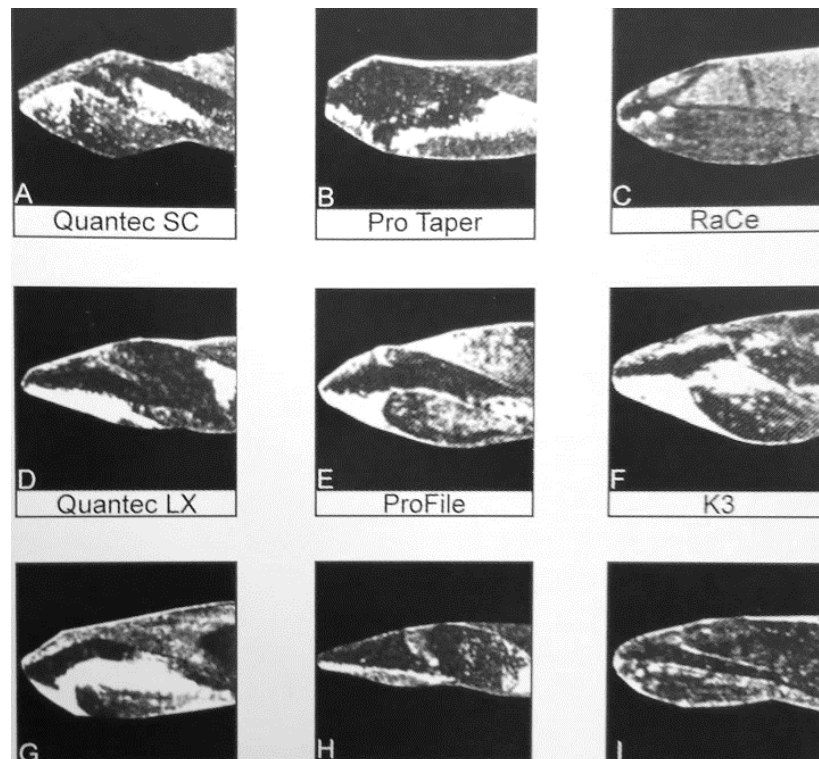


Fig. 27 Diseño de punta de diferentes instrumentos rotatorios

Fuente: Cohen, S. Hargreaves K., Vías de la Pulpa, 10^o Ed. España, Elsevier, 2011.
pp 223-335

2.1.10. Núcleo del instrumento o corte transversal

Es la parte central cilíndrica de la lima cuya circunferencia esta contorneada y limitada por la profundidad de las estrías (Fig. 28). La flexibilidad y la resistencia a la torsión están determinadas parcialmente por el diámetro del núcleo. Esta razón puede variar, dependiendo de la parte activa, optimizando el funcionamiento del instrumento. ^{5, 8, 13}



Fig. 28 Corte transversal de lima ProTaper®, Universal

Fuente: Castellucci, A. Endodontics Volumen II, Triende Edizioni Odontoiatriche, Italia, 2005.
pp 356-393, 548-562

2.1.11. Distribución de la masa metálica

La distribución de la masa en la sección transversal no es homogénea, esta característica permite que el instrumento se adose al conducto radicular, permitiendo un desgaste uniforme a lo largo del conducto radicular reduciendo el riesgo a la fractura (Fig. 29). ³

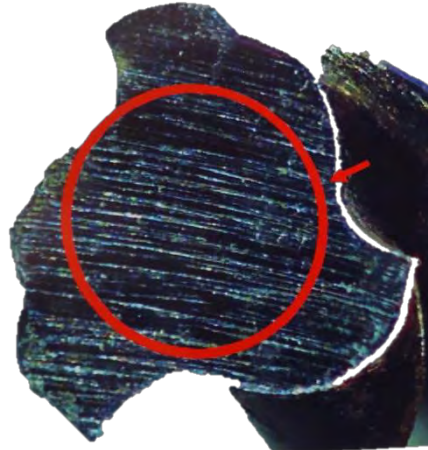


Fig. 29 Distribución de la masa metálica

Fuente: Rao N. Endodoncia Avanzada, India, Amolca, 2011. pp 141-179

2.1.12. Distancia entre los bordes cortantes (*Pitch*)

Dependiendo de las características del instrumento, la distancia puede ser constante o variable (Figs. 30 y 31). Uno de los principales problemas relacionados con el trabamiento del instrumento en el conducto radicular es su capacidad de enroscarse en él. Modificando el paso de la porción activa este riesgo disminuye. ^{5, 13}

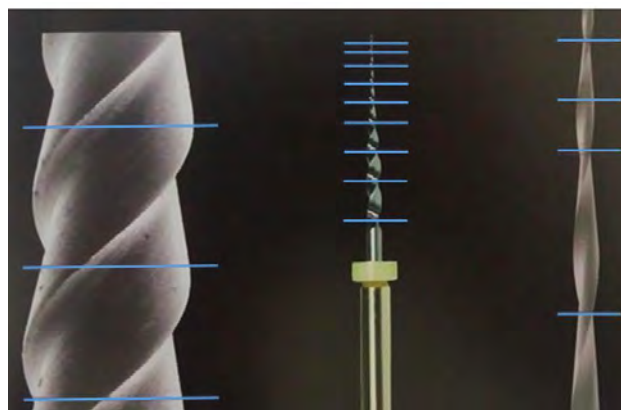


Fig. 30 Distancia entre bordes cortantes o Pitch (p)

Fuente: Cohen, S. Hargreaves K., Vías de la Pulpa, 10º Ed. España, Elsevier, 2011. pp 223-335

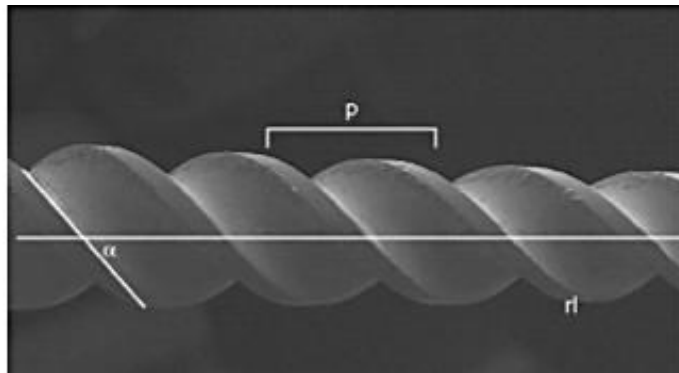


Fig. 31 Representación de los bordes cortantes o *Pitch*

Fuente: Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, Artes Médicas, 2009 pp. 255-297, 315-344

2.1.13. Acabado Superficial

Es la ausencia o presencia de un pulimento físico o químico superficial, las áreas de desgaste irregular, favorece la fractura de los instrumentos (Fig. 32).

13

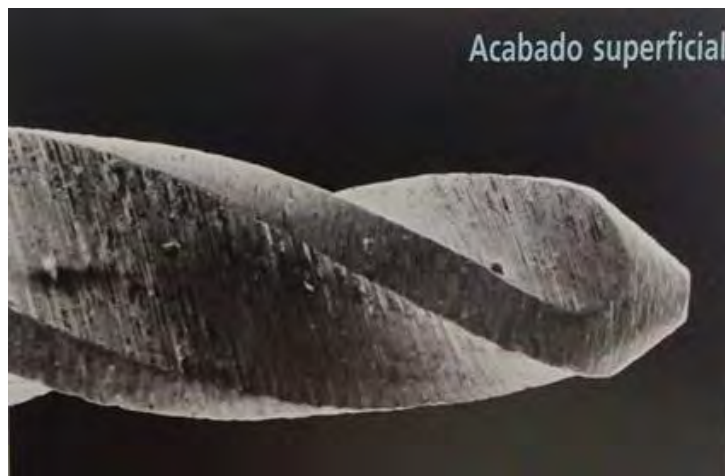


Fig. 32 Acabado superficial de instrumento rotatorio

Fuente: Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, Artes Médicas, 2009 pp. 255-297, 315-344



3. Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply

El sistema ProTaper® Universal está fabricado de un alambre convencional superelástico de NiTi. Este sistema rotatorio es uno de los más utilizados, que se caracteriza por una conicidad variable. El sistema ProTaper® Universal, es la versión actual del sistema rotatorio, disponible en tres presentaciones: ProTaper® tratamiento, ProTaper® obturación y ProTaper® retratamiento. ^{13, 15}

La presentación de ProTaper® tratamiento cuenta con dos variables, el sistema ProTaper® Universal Rotatorio, que necesita un motor eléctrico para su uso, y la versión ProTaper® Universal Manual (Fig. 36), que se le agrega un mango de silicón de 10mm para su utilización como instrumento manual, compartiendo las mismas características en la parte activa (Fig. 37). ^{13, 14}

El sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply cuenta con 8 instrumentos de NiTi, divididos en dos conjuntos, los primeros tres instrumentos indicados para el modelado del conducto radicular o *shaping files*, denominados **SX, S1 y S2**, estos instrumentos se caracterizan por la conicidad variable en su parte activa, contando con un menor diámetro en la parte final de la parte activa, y están indicados para ensanchar la zona cervical y media de los conductos radiculares. El segundo conjunto de instrumentos de acabado o *finishing files*, son **F1, F2, F3, F4 y F5**; se caracterizan por tener la parte activa con conicidad variable decreciente para permitir que corten más en la parte apical del conducto radicular. El sistema es comercializado por el fabricante en un kit con los instrumentos **SX, S1, S2, F1, F2, y F3** (Fig. 38); los instrumentos **F4 y F5**, son comercializados por separado debido a que se consideran instrumentos opcionales o complementarios, específicos para regiones apicales muy anchas. ^{13, 15, 16, 17}



Fig. 36 Equivalencia del sistema ProTaper® Universal Rotatorio con el sistema ProTaper® Universal Manual. Fuente: <http://www.medicalexpo.es/prod/dentsply-international/product-72090-654240.html>



Fig. 37 Mangos de silicona (A) Instrumento rotatorio con mango de silicona añadido (B)
Fuente: https://www.dentsply.com/ena/endodontics/accessories.html/Endodontics/Accessories/Tulsa-Accessories/p/TUL-PTRHNDLSX-100046062.html#.V_HrWpXrvIU&tabs=Courses



Fig. 38 Presentación del kit del Sistema ProTaper® Universal Manual

Fuente: <https://www.dentaltix.com/maillifer/surtido-limas-protaper-manual-6u>

El instrumento **SX**, es considerado como accesorio para el fabricante, tiene una longitud de 19mm, con 9 tipos de conicidad variable a lo largo de los 14 mm de parte activa (Fig. 39), dentro de un rango de 3.5% a 19% desde el D1 al D9 y una conicidad fija de un 2% de D10 a D14, con diámetro de la punta (D0) de 0.19mm y diámetro final (D14) de 1.20mm. Cuenta con un mango de silicón naranja y un tope color amarillo (Fig. 40). Es el instrumento que presenta mayor cambio en su conicidad. Se utiliza después de patentizar el conducto, su objetivo es conformar el tercio medio eliminado las interferencias y permitir un acceso más directo. Se debe instrumentar con movimientos de arrastre, forzándolo ligeramente contra las paredes del conducto radicular. ^{1,}

13, 18, 19

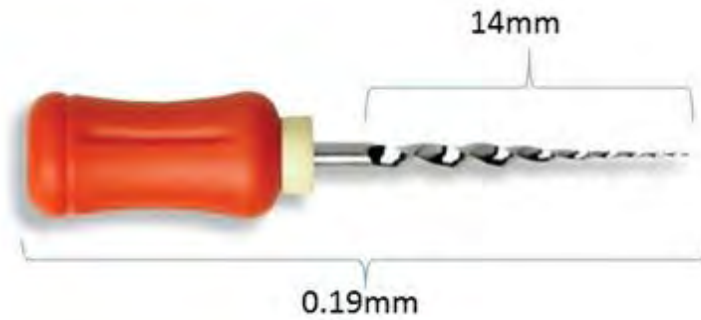


Fig. 39 Instrumento accesorio **SX**, y longitud del instrumento.

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

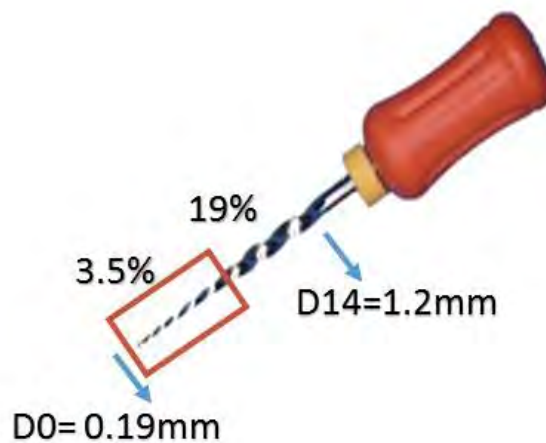


Fig. 40 Conicidad variable del instrumento **SX**, $D_0 = 0.19$ y $D_{14} = 1.2\text{mm}$

Fuente Directa

El instrumento **S1** tiene longitudes totales de 21, 25 y 31 mm y 14 mm de la parte activa (Fig. 41), presentando 12 tipos de conicidad, siendo un 2% en la porción apical y un 11% en coronal. El diámetro de la punta de la parte activa (D_0) de 0.17mm, y llega al D_{14} con aproximadamente 1.20mm. Cuenta con un mango de silicón y un tope de identificación color violeta (Fig. 42). Está diseñado para preparar el primer tercio del conducto. ^{1, 13, 18, 19}



Fig. 41 Instrumento de modelado **S1**, longitud del instrumento y parte activa.

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits



Fig. 42 Conicidad variable del instrumento **S1**, D0=0.17 y D14=1.2mm

Fuente Directa

El instrumento **S2** tiene longitudes totales de 21, 25 y 31 mm y 14 mm de parte activa (Fig. 43), presenta 9 tipos de conicidades, inicia en la porción apical de un 4% y un 11.5% en la porción corona. El diámetro de la punta de la parte activa (D0) de 0.20mm y llega a D14 con diámetro aproximado de 1.20mm. Tiene mango de silicón y un tope de identificación color blanco (Fig. 44). Diseñado para instrumentar el tercio medio del conducto radicular. ^{1, 13, 18, 19}



Fig. 43 Instrumento de modelado **S2**, longitud del instrumento y parte activa.

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

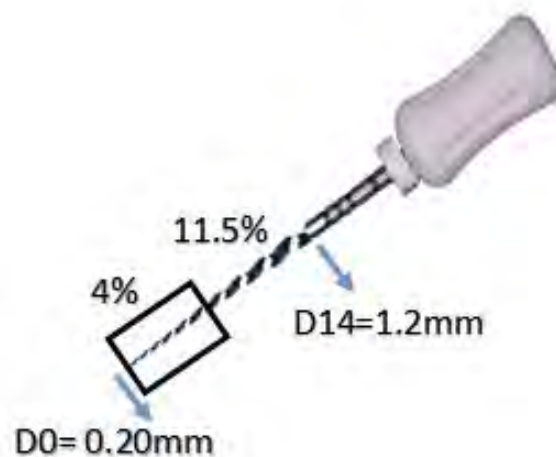


Fig. 44 Conicidad variable del instrumento **S2**, $D0=0.20$ y $D14=1.2$ mm

Fuente Directa

El instrumento de acabado **F1**, disponible en 21, 25 y 31 mm de longitud, posee un mango y un tope de identificación amarillo (Fig. 45), tiene un diámetro de la punta ($D0$) de 0.20 mm con un conicidad variable, presentando de un 7% en la porción apical y un 5.5% en el resto del instrumento (Fig. 46).^{1, 13, 18, 19}



Fig. 45 Instrumento de terminado **F1**, longitud del instrumento

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits



Fig. 46 Conicidad variable del instrumento **F1**, D0=0.20

Fuente Directa

El instrumento de acabado **F2**, cuenta un mango de silicón y un tope de identificación rojo, la longitud del instrumento es de 21, 25 o 31 mm (Fig. 47), tiene un diámetro de la punta (D0) de 0.25 mm y conicidad del 8% en la zona apical y de 5.5% a lo largo del instrumento (Fig. 48).^{1, 13, 18, 19}



Fig. 47 Instrumento de terminado **F2**, longitud del instrumento

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits



Fig. 48 Conicidad variable del instrumento **F2**, $D_0=0.25$

Fuente Directa

El instrumento de acabado **F3**, tiene un mango y un tope de identificación azul (Fig. 49), tiene un diámetro de la punta (D_0) de 0.30 mm y conicidad de 9% en la porción apical y de 5.5% en el resto del instrumento (Fig. 51). ^{1, 13, 18, 19}



Fig. 50 Instrumento de terminado **F3**, longitud del instrumento.

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

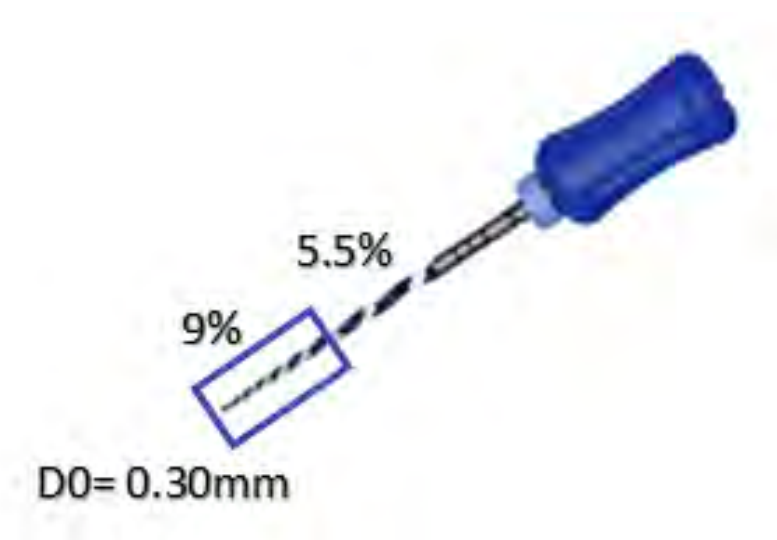


Fig. 51 Conicidad variable del instrumento **F3**, D0=0.30

Fuente Directa

El instrumento de acabado **F4**, posee un mango de silicón y un tope de identificación negro (Fig. 51), tiene un diámetro de la punta (D0) de 0.40mm y conicidad variable de 6% en la porción apical y de un 5.5% a lo largo de la parte activa (Fig. 52).^{1, 13, 18, 19}



Fig. 52 Instrumento de terminado **F4**, longitud del instrumento

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

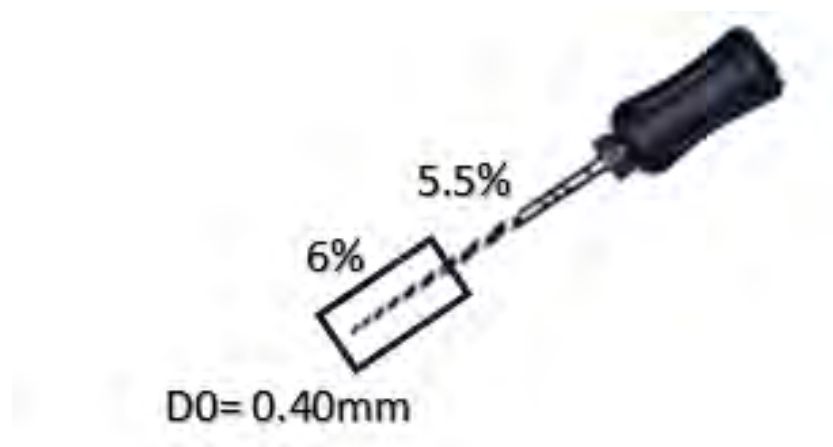


Fig. Conicidad variable del instrumento **F4**, D0=0.20

Fuente: Directa

El instrumento de acabado **F5**, cuenta con un mango de silicón amarillo y un tope de identificación negro, tiene un diámetro de la punta (D0) de 0.50mm y conicidad de 6% en apical y 5.5% a lo largo de la parte activa. ^{1, 13, 18, 19}



Fig. 53 Instrumento de terminado **F5**, longitud del instrumento
Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

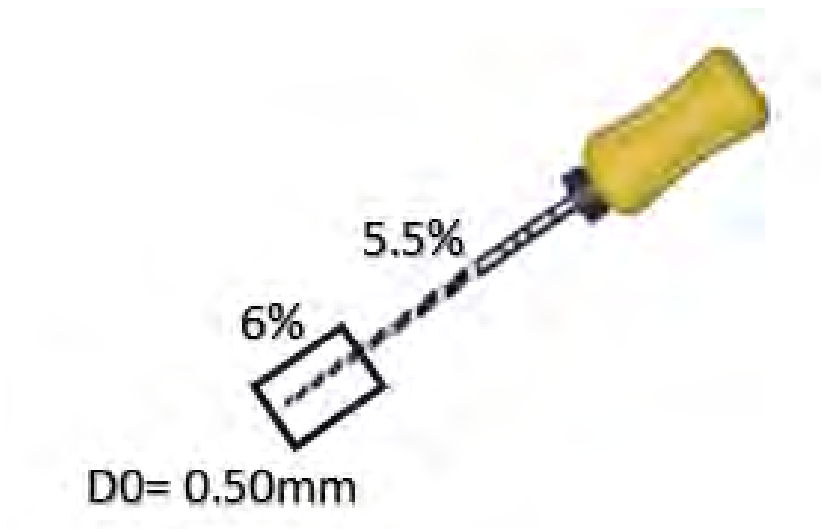


Fig. 54 Conicidad variable del instrumento **F5**, D0=0.50
Fuente: Directa

3.1. Características morfológicas particulares del Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Los instrumentos de modelado o *shaping files* tienen una parte activa en forma de torre Eiffel (Fig. 56), para realizar el ensanchamiento en la parte cervical y media del conducto radicular con la zona apical flexible. ¹³



Fig. 56 Representación de la parte activa en diseño de torre Eiffel de instrumentos de modelado o *shaping files*

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

Los instrumentos de terminado o *finishing files* cuentan con un diseño de obelisco (Fig. 57) para realizar un ensanchamiento mayor en la zona apical. ¹³



Fig. 57 Representación de la parte activa en diseño de torre obelisco, de instrumentos de terminado o *finishing files*

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits

El sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply cambia continuamente el ángulo helicoidal y el *pitch* sobre la longitud de las cuchillas de corte, optimizando su eficacia cortante, siendo más eficaz en llevar al exterior los desechos del conducto radicular (Fig. 58). Agregando que las cuchillas cortantes no cuentan con superficie radial o *radial land*, para aumentar su eficacia de corte (Fig. 58).^{1, 8, 13}



Fig. 58 Parte activa de instrumento ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Fuente: Directa

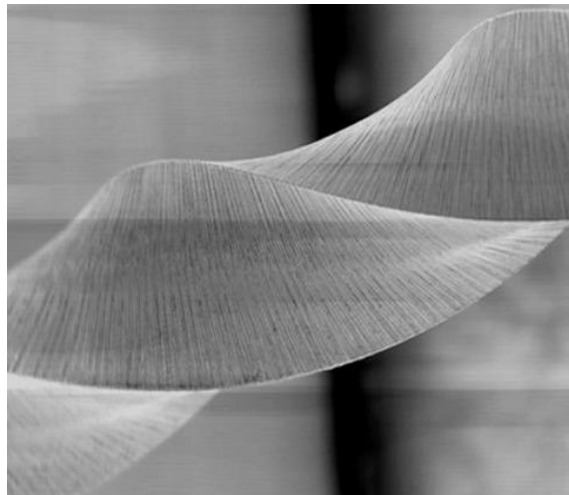
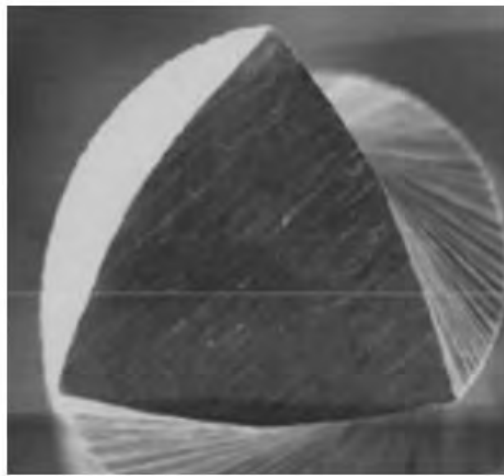


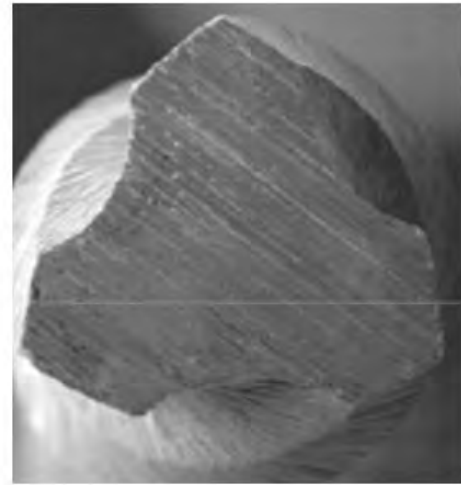
Fig. 59 Instrumento ProTaper® Universal Manual, Dentsply sin superficie radial o *radial land*

Fuente: <http://slideplayer.com/slide/8234680/>

Los instrumentos **S1, S2, F1 y F2** tienen una sección transversal convexa triangular para aumentar la resistencia a la fractura y los instrumentos **F3, F4 y F5** tienen una concavidad en la sección transversal triangular para incrementar la flexibilidad (Fig. 60).¹³



(A)



(B)

Fig. 60 Sección transversal convexa triangular (A) Sección transversal cónica (B)

Fuente: <http://www.slideshare.net/ashokayer/nickel-titanium-instruments-in-endodontics>

La punta de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply es no cortante, que sirve como guía en el interior del conducto radicular para evitar la formación de escalones, también es llamada punta guía (Fig. 61).^{1, 13}

La conicidad variable que presentan los instrumentos reduce el estrés por torsión y disminuye la posibilidad de la fractura o separación y aumentan la flexibilidad del instrumento. Además de permitir llevar los instrumentos al conducto radicular a longitud de trabajo. Gracias a esta característica de conicidad variable la técnica de instrumentación que lleva a cabo el sistema es la técnica Crown-Down (Fig. 62).^{17, 18}

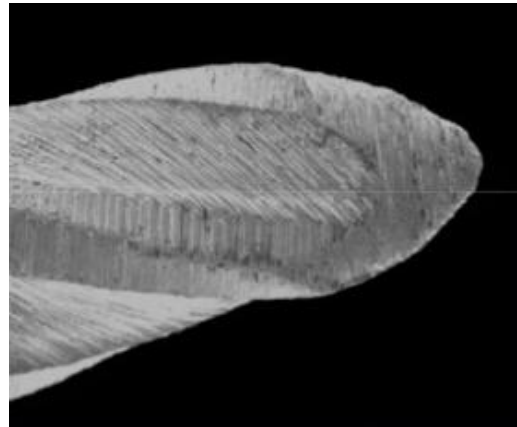


Fig. 61 Punta guía de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Fuente: <http://www.slideshare.net/ashokayer/nickel-titanium-instruments-in-endodontics>

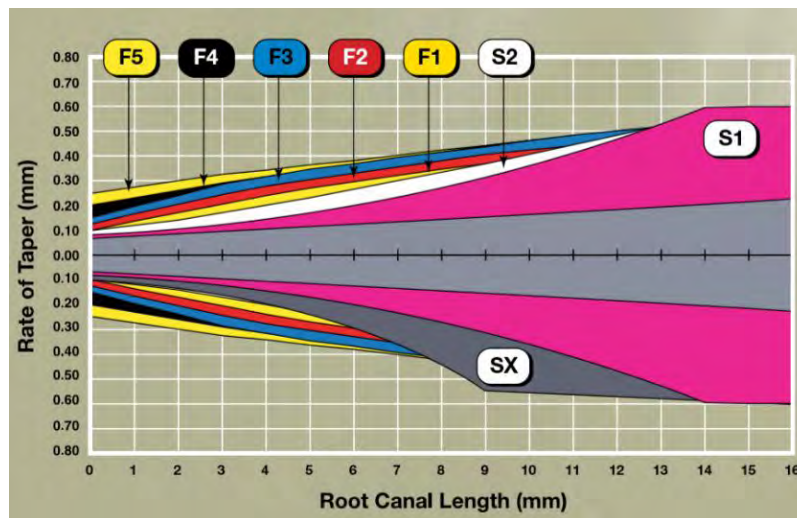


Fig. 62 Comparación de las conicidades variables que presenta el Sistema ProTaper® Universal Manual.

Fuente: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/1044--sp-331779228>



Al ser ProTaper® Universal Manual, Dentsply un sistema de conicidad variable se consigue una gran mejoría en la conformación de los conductos radiculares, incluyendo algunas variaciones anatómicas específicas, como lo son, los premolares inferiores con dos raíces y tres conductos radiculares, entre otras.^{17, 18}



4. Limpieza y conformación de conductos

4.1. Introducción

Es el proceso de saneamiento del sistema de túbulos dentinarios; una importante fase de la preparación del conducto radicular es la instrumentación mecánica, ya que crea el espacio adecuado que permite a los irrigantes y medicamentos antibacterianos erradicar eficazmente las bacterias.^{9, 21}

Los principales objetivos de la preparación del conducto radicular son la prevención de la enfermedad y / o promoción de la curación en los casos en que la enfermedad perirradicular ya existe a través de:¹⁶

- La eliminación de tejido vital y necrótico del conducto principal de la raíz.
- Creación de un espacio suficiente para la irrigación y la medicación.
- La preservación de la integridad y la ubicación de la anatomía apical del conducto.
- Evitar un daño iatrogénico al sistema de conductos y la estructura de la raíz.
- Facilitación de la obturación del conducto.
- Evitar la irritación adicional y / o infección de los tejidos periapicales.
- La preservación de la dentina de la raíz para permitir la función a largo plazo del diente.¹⁶

Según Herbert Schilder, en el año de 1974, para una conformación de conductos adecuada los cinco objetivos mecánicos y cuatro objetivos biológicos son:¹⁶



- Establecer una forma cónica de estrechamiento continua, desde la parte coronal hacia apical.
- Hacer que el diámetro del conducto radicular sea cada vez menor en dirección apical.
- Hacer que la preparación cónica del conducto sea continua, tridimensional y lo más semejante a la forma original del conducto radicular.
- El foramen apical deberá permanecer en su posición original, sin trasportación interna y externa.
- Mantener el foramen apical lo más pequeño posible. ¹⁶

Y cuatro objetivos biológicos:

- El confinamiento de la instrumentación a las raíces mismas
- No forzar los desechos necróticos más allá del foramen
- La eliminación de todo el tejido del espacio del conducto radicular
- La creación de un espacio suficiente para medicamentos intraconducto. ¹⁶

Si se logran estos objetivos mecánicos y biológicos, especialmente en los conductos curvos, habrá menos errores en la limpieza y conformación de conductos, como trasportaciones de foramen, escalones, perforaciones. ^{5, 10}

Una de las variables del resultado del tratamiento de conductos radiculares, es la anatomía externa e interna del diente, previamente se debe tener el conocimiento de la variabilidad que puede presentarse en la anatomía del diente, así como la capacidad de analizar e interpretar imágenes radiográficas, además de conocer la técnica de instrumentación y los instrumentos utilizados, que gracias al desarrollo de los sistemas manuales y rotatorios de NiTi que



existen actualmente, ayudan a obtener mayor éxito en la limpieza y conformación de conductos radiculares, y por lo tanto una obturación más hermética y tridimensional. ^{5, 21}

La limpieza y conformación tiene como finalidad el desbridamiento mecánico, es decir, retirar el contenido presente, independientemente de la situación clínica en la que se encuentre, ya sea una pulpa vital, necrosada o un conducto obturado. ^{5, 21}

Los instrumentos endodóncicos, el ensanchamiento y la regularización de las paredes forman parte de la limpieza y conformación de conductos radiculares, los cuales ayudan al ingreso de soluciones de irrigación y desinfección, crear el espacio para la colocación de medicamentos y la adaptación del material para la obturación obteniendo un sellado de los túbulos dentinarios, para lograr un saneamiento del sistema de túbulos dentinarios. ^{5, 21}

La instrumentación mecánica, indistintamente de los instrumentos utilizados, ya sean a base de acero inoxidable o NiTi, no es suficiente. Es necesario el uso de soluciones irrigantes para eliminar los microorganismos y desechos de dentina. Las características ideales de estas soluciones son:

- Eliminación de microorganismos
- Lubricación y eliminación de partículas de detritos del conducto radicular
- Apertura de los túbulos para eliminar la capa de barillo dentinario
- Disolución de restos orgánicos
- Limpieza de áreas inaccesibles a la instrumentación
- No irritante de los tejidos sanos o adyacentes ^{5, 21}



Algunos de las soluciones más utilizadas en la actualidad son (Tabla 2):

<i>Soluciones</i>	<i>Concentración</i>	<i>Características</i>
<i>Hipoclorito de sodio NaOCl</i>	Entre el 0,5 y el 6%	Actividad antimicrobiana de amplio espectro Disuelve material orgánico como tejido pulpar y colágeno
<i>Gluconato de Clorhexidina</i>	2%	Efecto antimicrobiano eficaz y duradero, se sugiere para lavado final por sustantividad
<i>Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)</i>	17%	Quelante que ayuda a prevenir el bloqueo apical y ayuda a la desinfección a través de la difusión de soluciones
<i>Hidróxido de Calcio Ca(OH)₂</i>		Eficiente para erradicar bacterias intrarradiculares. Se recomienda su uso como apósito quirúrgico

Tabla 2. Soluciones irrigantes y sus características. ^{5, 21, 23}

Normalmente estos irrigantes son introducidos al conducto radicular con ayuda de una jeringa y aguja, conforme se progresa en el trabajo mecánico del conducto radicular, mejora la desinfección y eliminación de barillo dentinario. Es importante respetar la forma y trayectoria del conducto radicular sin trasportar el foramen apical, evitando perforaciones y deformaciones. ^{9, 10}



4.2. Técnica de instrumentación radicular *Crown-Down*

Para lograr los objetivos de limpieza y conformación, se debe elegir la dirección de la instrumentación. La mayoría de los sistemas rotatorios utilizan la técnica corono-apical o *Crown-Down*. Esta técnica se utiliza con una lima de gran calibre de forma pasiva hasta una profundidad que permita un progreso fácil, continuando con el siguiente instrumento de menor calibre, se disminuye progresivamente el calibre de los instrumentos hasta llegar a longitud real de trabajo es decir, la instrumentación se realiza de tercio cervical, tercio medio, hasta llegar a tercio apical (Fig. 63).^{5, 8, 13}

Las ventajas de esta técnica son:

- Es poca o casi nula la extrusión bacteriana en la zona apical, ya que la mayor cantidad de microorganismos se encuentran en el tercio coronal, además de que la limalla dentinario es empujado hacia coronal
- Permite una vía permeable para las soluciones irrigantes, como resultado una mejor limpieza
- Se puede utilizar en conductos curvos sin formar escalones.^{8, 23}

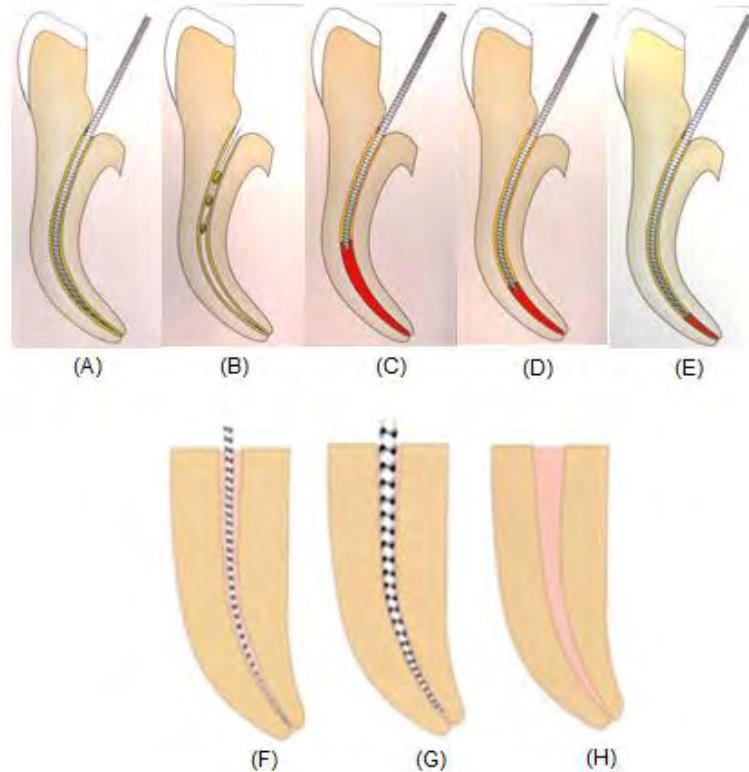


Fig. 63 Longitud aparente de trabajo con lima exploratoria (A) Apertura cervical con fresas Gates Glidden (B) Lima manual en tercio medio (C) Avance con limas de menor diámetro (D), (E) Determinación de longitud real de trabajo con lima exploratoria (F) Recapitulación (G) Conducto conformado en forma cónica (H)

Fuente: Ingle, J., Backland, L Baumgartner, J C. Ingle`s Endodontics, 6ª Ed. Ontario, Canadá BC Decker Inc, 2008. pp 934-943 Rao N. Endodoncia Avanzada, India, amolca, 2011 pp 141-179

4.3. Técnica de instrumentación radicular Fuerzas Balanceadas

Roane y colaboradores describieron esta técnica como un grupo de movimientos rotatorios realizados con instrumentos manuales como limas K,

Flex-R, entre otras. Esta técnica puede ser descrita como el posicionamiento y la precarga de un instrumento a través de un giro a la derecha y luego la conformación del conducto radicular con una rotación en sentido antihorario. Tiene una eficacia superior con otras técnicas de instrumentos manuales (Fig. 64).^{2, 5}

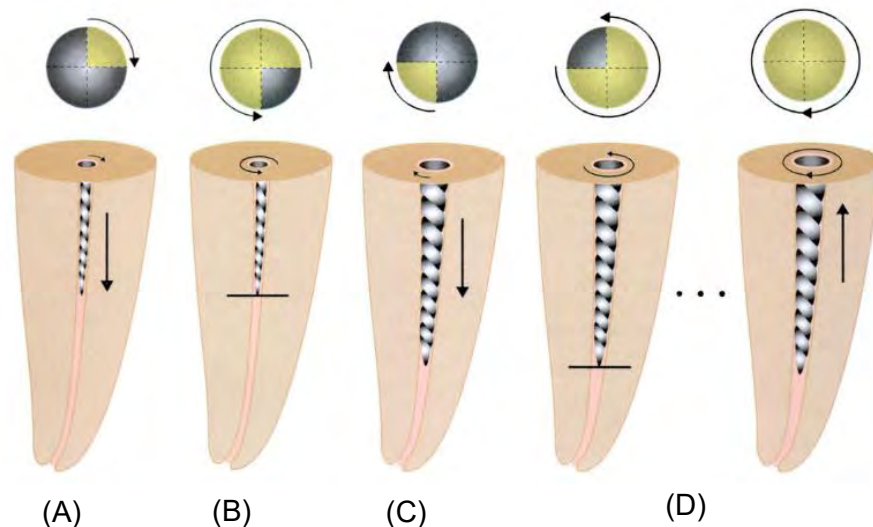


Fig. 64 Rotación pasiva de 90° en sentido horario (A) Rotación de 180-270° en sentido antihorario (B) Rotación de 90° para liberar las esquirlas (C) Liberación de la lima con una rotación de 360-720° en sentido horario

Fuente: Ingle, J., Backland, L Baumgartner, J C. Ingle's Endodontics, 6ª Ed. Ontario, Canadá BC Decker Inc, 2008. pp 934-943, Cohen, S. Hargreaves K., vías de la pulpa, 10ª Ed. España, Elsevier, 2011. pp 223-335

Estas técnicas de instrumentación son antecedentes de las técnicas contemporáneas utilizadas con los instrumentos NiTi.

5.4. Técnica de instrumentación del Sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Antes de iniciar con la técnica de instrumentación con el sistema se debió realizar un adecuado acceso, así como la localización del o los conductos radiculares.^{19, 24}



Los principales objetivos la técnica de instrumentación al realizarla con ProTaper® Universal Manual, son:

- Tener una preparación cónica continua
- Mantener la anatomía original del conducto radicular
- Mantener la posición original del foramen
- Mantener el foramen tan pequeño como sea posible. ²⁴

Cabe recordar que la secuencia instrumentación de conductos del sistema, sigue los principios de la técnica de instrumentación *Crown-Down*, es decir de tercio coronal a tercio apical.

El primer paso antes de iniciar con la utilización de los instrumentos de modelado o *shaping files*, se debe realizar una previa exploración de la anatomía del conducto radicular con ayuda de limas tipo K #10 y #15 realizando movimientos de fuerzas balanceadas, como la determinación la longitud aparente del conducto radicular (Fig. 65). ¹⁹

El movimiento para cada instrumento ProTaper® Universal Manual, Dentsply recomendado por el fabricante es:

- Introducir levemente el instrumento en el conducto con un delicado movimiento rotatorio en sentido de las agujas del reloj hasta notar una resistencia.
- Retirar la lima con un movimiento rotatorio de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, en sentido contrario a las agujas del reloj.
- Cortar la dentina con un movimiento rotatorio en el sentido de las agujas del reloj y retirar la lima al mismo tiempo.
- Repetir los movimientos manuales hasta alcanzar la longitud deseada.
- Según la anatomía del conducto, las limas ProTaper® pueden usarse como se indica en los puntos anteriores, o bien, alternando movimientos de rotación. ²⁴

Para el ensanchamiento del tercio coronal el primer instrumento que es llevado al conducto radicular a longitud aparente de trabajo es el **S1**, utilizado prácticamente sin presión apical con los movimientos recomendados, hasta llegar a longitud aparente de trabajo, si es necesario retirar el instrumento es necesario limpiar la parte activa. Como se mencionó anteriormente el instrumento **SX**, es un instrumento accesorio, que puede ser utilizada para eliminar retenciones en la entrada del conducto radicular (Fig. 66).^{19, 24}



Fig. 65 Exploración y permeabilización del conducto radicular con lima tipo K #10 y #15.

Fuente: Directa



Fig. 66 Ampliación del tercio coronal con instrumentos **S1** y **SX**

Fuente: Directa

Después de realizar el ensanchamiento del tercio cervical se debe permeabilizar el conducto con ayuda de limas tipo K #10 y #15, además de una abundante irrigación. Para la preparación de tercio medio es necesario llevar nuevamente el instrumento **S1**, seguido del instrumento **S2** a longitud aparente de trabajo (Fig. 67).^{19, 24}

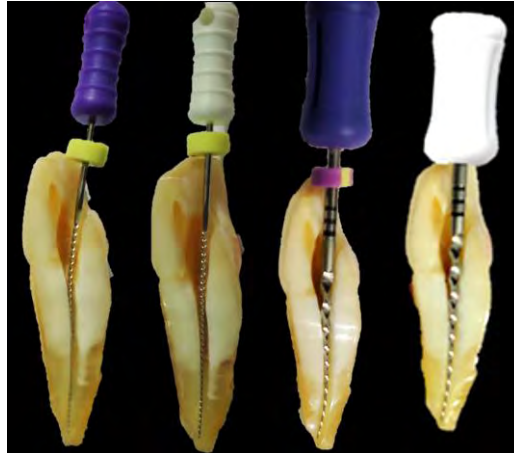


Fig. 67 Preparación de tercio medio con instrumentos **S1** y **S2**

Fuente: Directa

Posteriormente se determina la longitud real de trabajo con ayuda de un localizador electrónico de foramen apical y corroborando con una imagen radiográfica. Los instrumentos **F1**, **F2**, **F3**, **F4** y **F5** según sea el caso, son llevados al conducto radicular a longitud real de trabajo con los movimientos recomendados (Fig.68). El diámetro final apical dependerá del tipo del diente a tratar, la anatomía y curvatura del conducto, además del criterio del profesional.



Fig. 68 Preparación del tercio apical con instrumentos **F1, F2, F3, F4 y F5**

Fuente: Directa

Para determinar que la instrumentación se realizó adecuadamente, se debe colocar una lima tipo K o una punta de gutapercha del diámetro final, recordando la importancia de una irrigación adecuada y la permeabilización durante la conformación del conducto radicular.^{19, 24}

La instrumentación con el sistema ProTaper® Universal Manual, Dentsply presenta una importante mejoría, en comparación con limas de acero inoxidable, en especial, cuando se utiliza en conductos radiculares curvos, la conformación es más centrada, se realiza con un menor transporte, se extrae menos dentina, además de utilizar menos instrumentos que reducen el tiempo de trabajo, obteniendo preparaciones más redondeadas.²⁵

Las precauciones que se deben tener en cuenta durante la técnica de instrumentación con ProTaper® Universal Manual, Dentsply son:

- Seleccionar correctamente los casos (atención con los conductos muy curvos).
- Establecer el acceso en línea recta.



-
- Usar los instrumentos una vez que el conducto esté bien irrigado y lubricado.
 - Revisar los signos de deformación de los instrumentos.
 - Utilizar los instrumentos efectuando los movimientos recomendados.²⁴



5. Causas de separación de los instrumentos NiTi

El instrumento en el interior de conducto sufre un riesgo de separación debido al estrés por torsión y tensión por exceder el límite elástico del material.^{13, 26}

5.1. Estrés por torsión

Se crea un estrés cuando se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, y se produce una deformación plástica seguida de la separación. Para reducir la fractura de torsión, un método es el de modificar la geometría de la sección transversal del instrumento, lo que reduce el área de contacto con la pared del conducto radicular y las cargas de torsión.^{13, 26}

5.2. Estrés por flexión

El estrés por flexión está relacionado directamente con la curvatura de los conductos. La fatiga del instrumento se manifiesta por fisuras pequeñas en la parte superficial, que se propagan hacia su interior y produce la separación (Fig. 69). Un instrumento de menor conicidad soporta mejor el estrés de flexión que un instrumento de mayor conicidad (Fig. 70).¹³

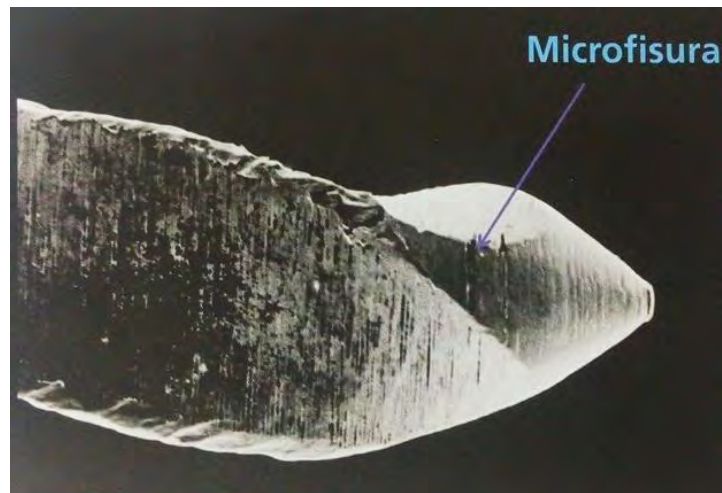


Fig. 69 Microfisura que propicia la fractura de la lima

Fuente: Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, artes Médicas, 2009. pp 255-297, 315-344



Fig. 70 La resistencia a la flexión del instrumento A es mayor que el B. “Menor masa, menor fatiga”.

Fuente: https://www.dentsply.com/en-us/endodontics/glide-path-shaping.html/Endodontics/Glide-Path-&-Shaping/Hand-Files/ProTaper-Universal-Hand-Files/p/TUL-PTUHS125.html#.V_H4k5XrvIU&tabs=Features%20and%20Benefits



6.3. Causas y Prevención de separación de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Las causas de la separación pueden ser clínicas o metalográficas, algunas por mencionar son: ¹³

6.3.1. Causas Clínicas:

- Un acceso inadecuado a los conductos radiculares. Es necesario eliminar todas las interferencias cervicales, ampliación previa del tercio cervical del conducto para permitir que los instrumentos tengan acceso al conducto radicular en línea recta y ser sometidos a un estrés menor. ¹³
- Ausencia de permeabilización. Es indispensable realizar el ensanchamiento previo, con limas K manuales de acero inoxidable, “*los instrumentos mecanizados siempre van precedidos de los instrumentos manuales*”. ¹⁶

6.3.2. Causas Metalográficas

Los instrumentos del sistema ProTaper® Universal Manual fueron introducidos por el fabricante para complementar o sustituir al sistema ProTaper® Universal Rotatorio. Un estudio del doctor Ya Shen, demostró que el motivo de separación del sistema manual, es la deformación plástica y la falla de corte (Fig. 71).²⁶

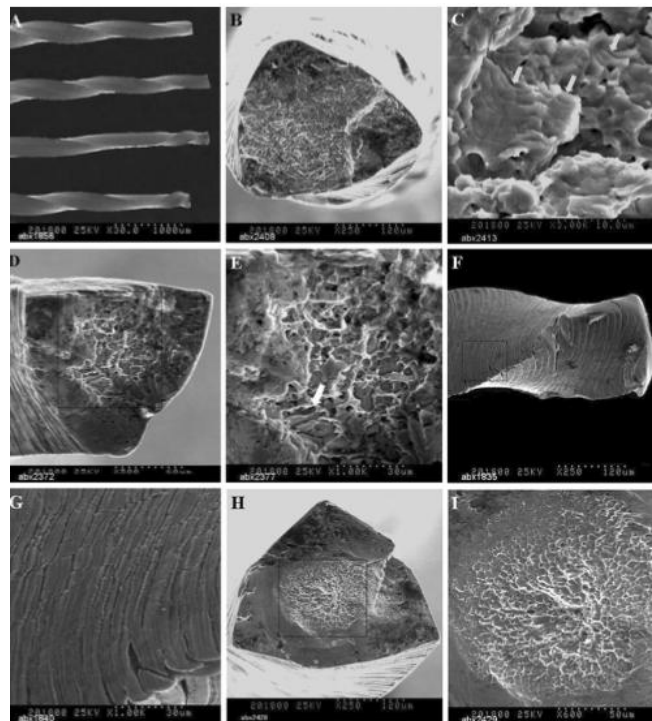


Fig. 71 Separación de instrumento ProTaper® Universal Manual, Dentsply

Fuente: Shen, Y., Analisis of Defects in ProTaper Hand-operated Instruments after Clinical Use, Journal of Endodontics, 2007, 33:3

Según estudios de Ya Shen, el instrumento que presenta mayor separación es el **S1** en comparación según Betancourt, menciona que el instrumento separado en su estudio es el **S2**, el cual está íntimamente relacionado con el radio de la curvatura a tratar. La característica principal de la separación de instrumentos por corte es la presencia de un desgarro debido a una combinación de cargas y al estrés al que es sometido el instrumento.^{26, 27}

Para prevención de fracturas de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply es necesario seguir la secuencia del tratamiento, así como respetar cada etapa indicada para cada instrumento. Iniciar la instrumentación después de permeabilizar el conducto radicular con limas tipo K de acero inoxidable.



Después y durante su uso, si es posible, verificar si hubo deformaciones de los instrumentos con ayuda de una lupa. ¹³

El uso de los instrumentos ProTaper® Universal Manual, Dentsply debería ser de una sola vez, pero con conocimiento de la secuencia de los instrumentos y de la anatomía del conducto radicular se pueden utilizar en media, de 5 a 8 molares. Teniendo un estricto control en del número de usos por cada instrumento, teniendo en cuenta que los instrumentos de menor diámetro son menos resistentes, que las de mayor diámetro. ¹³



Conclusiones

- La implementación de instrumentos elaborados con la aleación de NiTi, ha facilitado realizar la técnica de instrumentación y así cumplir los objetivos de limpieza y conformación de los conductos radiculares, con base a sus propiedades.
- El sistema ProTaper® Universal Manual es una buena opción cuando no se cuenta con un motor eléctrico, cuando nos encontramos con casos de anatomías complejas y como un elemento que facilite el tratamiento de conductos radiculares para los profesionistas del área odontológicas.
- Una de las características del sistema es la conicidad variable, lo que permite una mejor conformación, una adecuada limpieza y resultados favorables para el paciente.
- Este sistema nos proporciona beneficios, pero es importante conocer las características de los instrumentos y la técnica de instrumentación empleada, ya que el desconocimiento de esto, puede provocar complicaciones durante el tratamiento.
- Se debe realizar un análisis crítico entre lo que nos ofrece el fabricante y los estudios realizados a esos productos.



Referencias bibliográficas

1. Castellucci, A. Endodontics Volumen II, Triende Edizioni Odontoiatriche, Italia, 2005. pp 356-393, 548-562
2. Ingle, J., Backland, L Baumgartner, J C. Ingle's Endodontics, 6ª Ed. Ontario, Canadá BC Decker Inc, 2008. pp 934-943
3. Leonardo Mario Roberto. Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Barcelona, España. Artes Médicas, 2002. pp. 3-34
4. Haaspasalo M., Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. Endodontic Topics, 2013, 29, 3, 17.
5. Cohen, S. Hargreaves K., Vías de la Pulpa, 10º Ed. España, Elsevier, 2011. pp 223-335
6. Folleto: Dentsply, Maillefer, Endo Instrumentos Suizos de Precisión, File NiTiflex®, Ref A 012N.
7. Jiménez J., Rio T, Instrumentacion Rotatoria en Endodoncia: Reporte de Casos Clínicos. Int. J Odontosomat, 2012, 6, 89-95.
8. Rao N., Endodoncia Avanzada, India, Amolca, 2011. pp 141-179
9. Cassai, E. Endodontics, History of endodontic instruments, www.styleitaliano.org. Italia, 2016
10. Tarallo F., Comparación de dos técnicas de instrumentación en conductos radiculares estrechos curvos de la raíz mesial de molares inferiores, In Vitro, Artículo de investigación, Endodoncia, 2009, 27(4) 181- 189
11. Yoldas O, Dentinal Microcrack Formation during Root Canal Preparations by Different NiTi Rotary Instruments and the Self-Adjusting file, Basic Research-Technology, 2012. 38, 2, 232-234
12. Thompson S., An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry, International Endodontic Journal, 2000, 33, 297-310
13. Leonardo Mario Roberto, Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos, Brasil, Artes Médicas, 2009 pp. 255-297, 315-344
14. Saunders, E., Hand instrumentation in root canal preparation, Endodontic Topics, 2005, 10, 163-167.
15. Jiménez, O., Instrumentación rotatoria en endodoncia: reporte de casos clínicos. Int. J Odontostomat., 2012, 6(1):89-95
16. Hülsmann, M., Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means, Endodontic Topics, 2005, 10:30-76



17. Herrera A., Evaluación de la transportación y ensanchamiento in-vitro del sistema Pro-taper1, Revista ADM 2004, LXI(1):5-13
18. Fagundo C., Sistema ProTaper: Técnica Clínica. Rev. Oper. Dent. Endod. 2005, 5:22
19. Folleto Dentsply: Road G., ProTaper Universal, Clinical Hints, Dentsply ABN 15 004 290 322, 11-21
20. Aracena, G., Técnica ProTaper Universal Manual en premolar con dos raíces y tres canales radiculares. Int. J. Med. Surg. Sci., 2015, 2(2):507-510
21. Estrela, C., Ciencia Endodóntica, Brasil, Artes Médicas, 2005. pp 363-413
22. Balandrano P. Soluciones para irrigación en Endodoncia: Hipoclorito de Sodio, Gluconato de Clohexidina, Revista Científica Odontológica. CCDCR. Vol. 31
23. Avina P, Efficacy or the Self-Adjusting File System on Cleaning and Shaping Oval Canals: A Microbiological and Microscopic Evaluation. American Association of Endodontics, 2011, 38, 226-231
24. Folleto Dentsply: ProTaper® Universal, Treatment, Dentply Maillefer, CH-1338 Ballaigues. IFY/F19 02 84.x/.02/2006-updated 03/2008
25. Franco, M., Cleaning capacity promoted by motor-driven or manual instrumentation using ProTaper Universal Sistem. Histological analysis, Journal of Conservative Dentistry, 2013 16(1):79-82
26. Shen, Y., Analysis of Defects in ProTaper Hand-operated Instruments after Clinical Use, Journal of Endodontics, 2007, 33:3
27. Betancourt P., Estudio Comparativo In vitro de la Calidad de la Obturación del Sistema ProTaper Universal Manual, versus el sistema de Condensación Lateral, International Journal of Odontostomatology, 2011, 5(1):49-53