



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTO CON EL  
SISTEMA RECIPROCANTE WAVEONE® GOLD  
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:

MITZY NAYELLI JIMÉNEZ BALLINAS

TUTOR: Esp. CARLOS TINAJERO MORALES

ASESORA: Esp. ANA ROSA CAMARILLO PALAFOX



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*

*Le agradezco a la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO y a la FACULTAD DE ODONTOLOGÍA por abrirme sus puertas y dejarme formar parte de esta gran institución proporcionándome los recursos necesarios para mi formación académica como lo son profesores e instalaciones de excelencia.*

*A mi padre Alejandro Jiménez Medina y a mi madre María Eugenia Ballinas Gervacio porque gracias a ustedes y a su apoyo estudié esta maravillosa carrera. Ustedes son parte de uno de los más grandes logros de mi vida y estaré infinitamente agradecida con ustedes.*

*A mis hermanos Alexa y Bryan por estar conmigo en todo momento.*

*Al C.D Esp. Carlos Tinajero Morales por dirigir este trabajo, le agradezco de todo corazón por ser parte de este proyecto ya que sin su interés, apoyo y paciencia incondicional no hubiera sido nada de esto posible.*

*A la C.D Esp. Ana Rosa Camarillo Palafox por ayudarme y ser parte de este proyecto.*

*A las maravillosas personas que he conocido a lo largo de mi vida: Alejandra Mendoza, Itzel González, Carlos Martínez, Luis Felipe Ramírez, Alejandro Baltazar, Mayela Grajales y Paola Rojas; a todos ellos, gracias por su amor y apoyo.*



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
PROPÓSITO.....	6
OBJETIVOS.....	7
CAPÍTULO 1. INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES.....	8
1.1 ANTECEDENTES DE LA INSTRUMENTACIÓN EN ENDODONCIA.....	8
1.2 FUERZAS BALANCEADAS.....	10
CAPÍTULO 2. ALEACIÓN NIQUEL-TITANIO.....	13
2.1 ESTRUCTURA CRYSTALOGRAFICA DEL NiTi.....	18
2.1.1 FASE AUSTENÍTICA.....	18
2.1.2 FASE MARTENSÍTICA.....	18
2.1.3 FASE R.....	19
2.2 ALEACIÓN NiTi M-WIRE.....	20
2.3 ALEACIÓN NiTi GOLD CON MEMORIA DE FORMA.....	21
CAPÍTULO 3. SISTEMAS ROTATORIOS EN ENDODONCIA.....	23
3.1 DISEÑOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.....	24
3.2 DISEÑOS DE PUNTA.....	26
CAPÍTULO 4. SISTEMA WAVEONE®.....	27
CAPÍTULO 5 SISTEMA WAVEONE® GOLD.....	31
5.1 FORMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL.....	33
5.2 DISEÑO DE PUNTA.....	34
5.3 CONICIDAD VARIABLE.....	35
5.4 MOVIMIENTO RECÍPROCO.....	37
5.5 FATIGA CÍCLICA.....	39
5.6 FATIGA TORSIONAL.....	45
5.7 JUSTIFICACIÓN SANITARIA DE UN SOLO USO DE LIMAS PREESTERILIZADAS.....	46
5.8 TÉCNICA DE INSTRUMENTACIÓN CON WAVEONE® GOLD.....	48
DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56



## INTRODUCCIÓN

La instrumentación rotatoria de conductos radiculares con limas NiTi ha sido muy exitosa en los últimos 20 años. A principios de los años 90's se hablaba de las ventajas y desventajas de las limas NiTi sobretodo acerca del alto índice de fractura que presentaron al inicio, pero gracias al adecuado manejo y el uso de los motores endodónticos con mecanismos de control de torque, y el entendimiento de la fatiga torsional y cíclica, se abrió el camino a la nueva era de instrumentación en endodoncia.

El temor inicial de que los instrumentos rotatorios podrían atornillarse en la dentina radicular profundamente, y por consiguiente fracturarse, llevaron a los fabricantes a crear nuevos diseños de limas y nuevos tipos de movimiento que ya no fueran rotatorios.

En 2007 Ghassan Yared<sup>31</sup> publicó el uso de una sola lima del sistema ProTaper (F2= 25/08) con el motor ATR, el cual permitía programar un movimiento recíprocante de la lima. Esta idea se remonta a Roane y cols. los cuales plantearon el movimiento horario-antihorario de las limas; y ellos concluyen que el daño principal hacia las limas ocurría cuando eran utilizadas en sentido horario, el cual enrosca el instrumento en el conducto e incrementa la carga, mientras que el movimiento en sentido antihorario desenrosca el instrumento y reduce la carga liberando los bordes cortantes. Con esta filosofía a principio de los años 80's, se crea la Técnica de Fuerzas Balanceadas y surgen los primeros instrumentos con punta no cortante que preserva mucho mejor la curvatura de los conductos radiculares. Estos instrumentos son las limas Flex-*R*, en su origen de la marca Union Broach y hoy en día de Integra-Miltex.



---

La idea de Yared desencadenó el diseño de un nuevo motor e instrumento, el cual satisface los requerimientos de una teoría recíproca con los sistemas WaveOne®, Reciproc® y actualmente WaveOne® Gold.

Estos nuevos sistemas de aleación NiTi M-Wire y NiTi Gold han sido utilizados cada vez más, gracias a sus favorables cualidades como lo es la superelasticidad, memoria de forma y conicidad variable lo que ayuda a crear una preparación cónica adecuada respetando las necesidades del conducto a tratar con el uso de una sola lima, facilitando el protocolo de irrigación y reduciendo el tiempo de trabajo durante todo el tratamiento ya que aunado a esto, vienen en blíster preesterilizadas, listas para su uso único e inmediato evitando contaminación cruzada. A pesar de sus favorables cualidades y aun siguiendo las indicaciones del fabricante, siempre existirá un riesgo potencial de fractura inesperada.



## PROPÓSITOS

Con esta revisión bibliográfica se pretende estudiar y conocer las ventajas que el fabricante le confiere al sistema reciprocante WaveOne® Gold, y de igual manera, comparar los resultados obtenidos con otros sistemas reciprocantes llamados WaveOne® y Reciproc® para así obtener información más precisa de acuerdo a ventajas y desventajas analizando alternativas que existan para mejorar el manejo y técnica de instrumentación de conductos radiculares con sistemas reciprocantes.



---

## OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es describir a detalle las características del sistema mecanizado recíprocante WaveOne® Gold, así como su adecuado manejo de acuerdo como lo indica el fabricante para cumplir con los objetivos mecánicos y biológicos de la preparación de conductos radiculares y de esta manera alcanzar un alto índice de éxito en los tratamientos realizados.





---

## TÉCNICA DE PREPARACIÓN DE CONDUCTO CON EL SISTEMA RECIPROCANTE WAVEONE® GOLD DENTSPLY, EN 3D.

### CAPÍTULO 1. INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

#### 1.1 ANTECEDENTES DE LA INSTRUMENTACIÓN EN ENDODONCIA

Los objetivos mecánicos y biológicos para la instrumentación de conductos radiculares fueron muy bien descritos por Herbert Schilder en 1974. Una vez concluidas las etapas de apertura, limpieza de la cámara pulpar, localización y preparación de la entrada a los conductos, el diente ofrecerá las condiciones necesarias para que se inicie la preparación del conducto radicular con ayuda de procedimientos mecánicos y productos químicos que tienen como objetivo proporcionar condiciones óptimas para poder obturar y concluir el tratamiento de conductos. <sup>1</sup>

Los objetivos de Schilder continúan vigentes hasta el día de hoy, los cuales exigen que la preparación del conducto radicular tenga conicidad continua, esta preparación debe ser similar a la forma original del conducto sin alterar el trayecto original ni crear vías falsas y respetando la posición original del foramen apical. <sup>1</sup>

Las limas endodónticas, a partir de 1901, se fabricaban en material de acero-carbono, pero estos instrumentos eran caracterizados por una corrosión considerable y una gran fragilidad que conducía a fracturas. Posteriormente fueron introducidas las limas de acero inoxidable y la casa Kerr fabricó la primera lima K.



En 1958 Ingle y Levine establecieron normas de estandarización para la fabricación de instrumentos endodónticos.

Las limas tuvieron un gran índice de éxito en los tratamientos, pero su desventaja principal era la falta de flexibilidad, lo cual provocaba errores al instrumentar conductos estrechos y especialmente en conductos curvos. Las dos causas principales de fractura de instrumentos son la fatiga cíclica (flexión) y la tensión por torsión.<sup>1, 2, 3</sup>

Los fabricantes han intentado solucionar dichos inconvenientes a través de la creación de variaciones en el diseño de las limas, que generalmente requieren modificaciones del área de la sección transversal, del ángulo y la profundidad de las espiras cortantes, y del diseño de la punta. Hasta hace poco el empleo de los metales y aleaciones en la fabricación de instrumentos de uso endodóntico merecieron muy poca atención. La innovación del níquel-titanio (en adelante NiTi) en la década de los 60 proporcionó a la odontología un novedoso material con una gran utilidad para su uso en endodoncia.<sup>2, 3</sup>

Existen diferentes técnicas de instrumentación de conductos radiculares y claramente en todas estas hay una gran cantidad de deficiencias y problemas clínicos que se enfrentan a la hora de realizar el tratamiento. Instrumentar conductos con limas manuales de acero inoxidable no es y nunca ha sido fácil, siempre se han encontrado situaciones como bloqueos del conducto tanto de dentina removida como por separación de instrumentos, escalones, transporte del conducto o perforación por lo tanto muchas técnicas y materiales han evolucionado, todas estas técnicas requieren el uso de múltiples instrumentos y secuencias para minimizar este tipo de problemas.<sup>2, 3</sup>



## 1.2 FUERZAS BALANCEADAS

En 1985, Roane y cols, propusieron la técnica de fuerzas balanceadas, en la que vuelve a introducir los movimientos de rotación de las limas para la preparación de conductos, al modificar la punta de estas, haciéndolas no cortantes. Era un nuevo método para la preparación de conductos radiculares curvos, en el que se instrumenta empleando una forma de movimiento rotatorio modificado.<sup>4</sup>

El procedimiento requiere el uso de instrumentos para conductos radiculares con punta no cortante. Investigaciones iniciales habían indicado que el redondeado de la punta de la lima k reduce considerablemente el riesgo de formación de escalones y perforación. La lima Flex-R fue la primera lima que presentó esta geometría del instrumento no es cortante y describe un ángulo de  $75 \pm 15^\circ$ .<sup>5</sup>

La técnica de fuerzas balanceadas es el método más eficaz para cortar la dentina. Esta técnica exige que la oscilación de los instrumentos para la preparación se realice a la izquierda y a la derecha con un arco diferente para cada dirección.<sup>6</sup>

Para insertar un instrumento, se gira este a la derecha un cuarto de vuelta o menos, (en el sentido de las agujas del reloj), presionando hacia el interior de la forma más suave posible. Esta acción lleva al instrumento hacia el interior del conducto y posiciona los filos de corte “con igualdad” en las paredes circundantes. A continuación se gira el instrumento a la izquierda (en sentido contrario a las agujas del reloj) al menos un tercio de vuelta. Es preferible el giro de una o dos vueltas completas. Esta última acción solo se realiza cuando la curvatura es pequeña o si la curvatura es generalizada.



La rotación a mano izquierda intenta destrabar el instrumento y extraerlo del conducto.<sup>6</sup>

La presión debe ser muy ligera durante la instrumentación realizada con la técnica de fuerzas balanceadas. Los instrumentos se introducen en el conducto con incrementos de poca profundidad, y el conducto se aborda en cada profundidad hasta el diámetro de la lima antes de intentar una inserción un posterior.

Una vez que se ha llegado a la longitud de trabajo se realiza un movimiento final, colocándolo con el punto más profundo de la inserción se gira el instrumento de media a una vuelta completa a la derecha, al tiempo que el clínico lo retira gradualmente del conducto. Esta acción limpia las paredes y transporta los restos existentes desde el espacio del conducto hacia el lado coronal de las hojas de corte. Cargada de esta forma, al retirar la lima se eliminan la mayoría de los restos dentinarios y orgánicos del conducto.<sup>6</sup>

Paso 1: Después de insertar sin presión la lima Flex-R, el instrumento es rotado 90° en sentido horario utilizando solo una presión apical ligera.

Paso 2: El instrumento es rotado en sentido antihorario 180 a 270°, se usa una presión apical suficiente para mantener la lima a la misma profundidad de inserción durante este paso. Las limaduras de dentina son eliminadas con un sonido de “clic” característico.

Paso 3: Este paso es similar al paso 1 y avanza el instrumento más en sentido apical.

Paso 4: Después de dos o tres ciclos, la lima está cargada con limaduras de dentina y es sacada del conducto con una rotación horaria prolongada.<sup>6</sup> Fig.

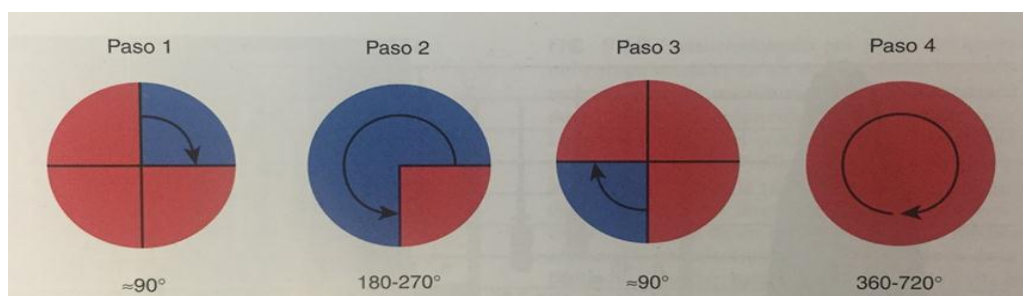


Fig. 1 Esquema de los movimientos del mango durante la Técnica de Fuerzas Balanceadas es el método más eficaz para cortar la dentina. Esta técnica exige que la oscilación de los instrumentos en la preparación se realice a la izquierda y a la derecha con un arco diferente para cada dirección. <sup>6</sup>

La fractura de la lima es bastante improbable cuando la presión aplicada no excede la resistencia del torque del instrumento. <sup>6</sup>

Se ha comprobado que la instrumentación con fuerzas balanceadas expulsa menos detritos a través del ápice que otras técnicas de preparación del conducto radicular. La presión apical realizada simultáneamente a la rotación en sentido contrario a las agujas del reloj, la lima mantiene un equilibrio entre la estructura dental y la capacidad elástica del instrumento. <sup>6</sup>

Esta técnica evita una transformación reconocible de la trayectoria original del conducto radicular, cuando se utilizan limas con la punta modificada (Flex-R), esta técnica ha demostrado ser eficaz sin precurvado. Sin embargo, puede ser necesario doblar previamente la punta de la lima para poder acceder a un foramen apical excesivamente desviado. <sup>6</sup>

Hoy en día, los instrumentos de NiTi en combinación con movimientos recíprocos asimétricos constituyen la más reciente generación de sistemas rotatorios en Endodoncia.

## CAPÍTULO 2. ALEACIÓN NIQUEL-TITANIO

La aleación de níquel-titanio fue desarrollada a principios de la década de los sesenta por W.E Buchler, un ingeniero metalúrgico del Naval Ordnance Laboratory, en Silverspring, Maryland, Estados Unidos. La aleación se denominó Nitinol, un acrónimo de los elementos que la conforman: Ni de níquel, ti de titanio y nol por Naval Ordnance Laboratory. Nitinol es el nombre que recibe una familia de aleaciones intermetálicas de níquel-titanio que tienen propiedades únicas de memoria de forma y superelasticidad que además tienen alta resistencia a la corrosión.<sup>18</sup> Fig. 2

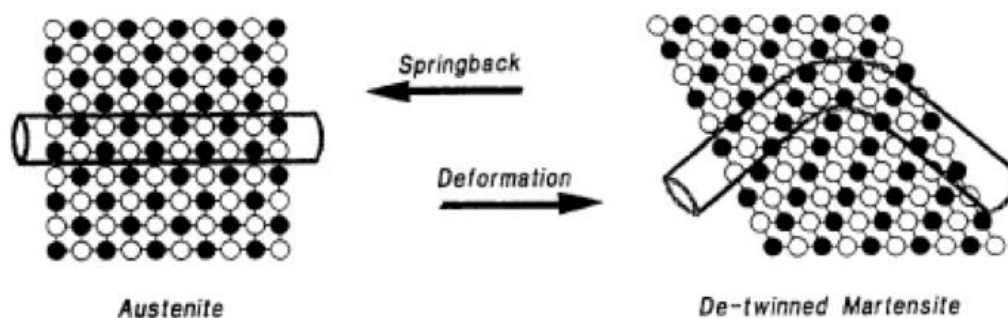


Fig.2 Representación del efecto super elástico en la aleación NiTi.<sup>18</sup>

La primera aplicación de esta aleación en Odontología fue para los alambres de ortodoncia, debido a su gran resistencia a la fatiga, y fue introducida por George F. Andreasen de la Universidad de Iowa en 1971. En las dos últimas décadas, los instrumentos NiTi se han convertido en parte importante en el tratamiento de los conductos radiculares gracias al avance tecnológico y a la asociación de la metalurgia con la endodoncia, se comenzaron a fabricar las limas de aleación NiTi, confiriéndoles a las mismas elasticidad, flexibilidad, resistencia a la deformación plástica y a la fractura.<sup>19</sup>



Los instrumentos NiTi han sido utilizados cada vez más por el odontólogo general y el especialista para la limpieza y conformación de los conductos radiculares, sin embargo, a pesar de sus favorables cualidades existe un riesgo potencial de fractura inesperada. El comportamiento mecánico de las aleaciones NiTi está determinado por sus pertinentes proporciones y las características de las fases microestructurales. El proceso térmico es uno de los métodos fundamentales para ajustar la transición de la temperatura en las aleaciones NiTi, afectando la resistencia a la fatiga en las limas endodónticas.<sup>1</sup>

Las aleaciones NiTi usadas en el tratamiento de conductos radiculares contienen aproximadamente el 56% de níquel y el 44% de titanio, en algunas aleaciones un pequeño porcentaje de níquel (<2%) puede ser sustituido por cobalto. El término genérico para esta aleación es Nitinol-55 y tiene la particularidad de modificar su tipo de unión atómica, lo que ocasiona cambios únicos y significantes en sus propiedades mecánicas y disposición cristalográfica. Estos cambios ocurren en función de la temperatura y el estrés. Además cuentan con 3 fases microestructurales (austenítica, martensítica y fase R), las cuales determinan las propiedades mecánicas del metal.<sup>18, 19</sup>

La aleación NiTi tiene características especiales de superelasticidad (habilidad de regresar a su forma original después de ser deformado) y memoria de forma por lo que la aplicación de estrés no resulta en una tensión usual vista en el acero inoxidable.<sup>19</sup>

La superelasticidad del NiTi permite deformaciones por tensión cercanas al 8%, la cual es considerable en comparación al máximo del menos del 1% del acero inoxidable. Esta superelasticidad ocurre en asociación con una fase reversible de transformación entre austenítica y martensítica. Por lo tanto, la temperatura de transformación tiene una influencia crítica sobre las

propiedades mecánicas y el comportamiento de NiTi, las cuales, pueden ser alteradas por pequeños cambios en composición, impurezas y tratamientos térmicos durante el proceso de manufactura.<sup>18</sup> Fig. 3

A temperaturas altas ( $100^{\circ}$  C), una red cúbica centrada en el cuerpo conocida como fase austenítica, es estable. La aleación de Nitinol posee la particular característica que cuando se enfría a través de un intervalo crítico de temperatura de transformación (ITT), la aleación muestra cambios dramáticos en su módulo de elasticidad (rigidez), límite elástico y la resistividad eléctrica como un resultado de los cambios de la unión de electrones. Mediante la reducción o enfriamiento de la temperatura a través de este intervalo, se produce un cambio en la estructura cristalina conocida como la “transformación martensítica”. La cantidad de esta transformación es una función de la temperatura inicial ( $M_s$ ) y la temperatura final ( $M_f$ ). El fenómeno provoca un cambio en las propiedades físicas de la aleación y da lugar a la característica de memoria de forma.<sup>18</sup>

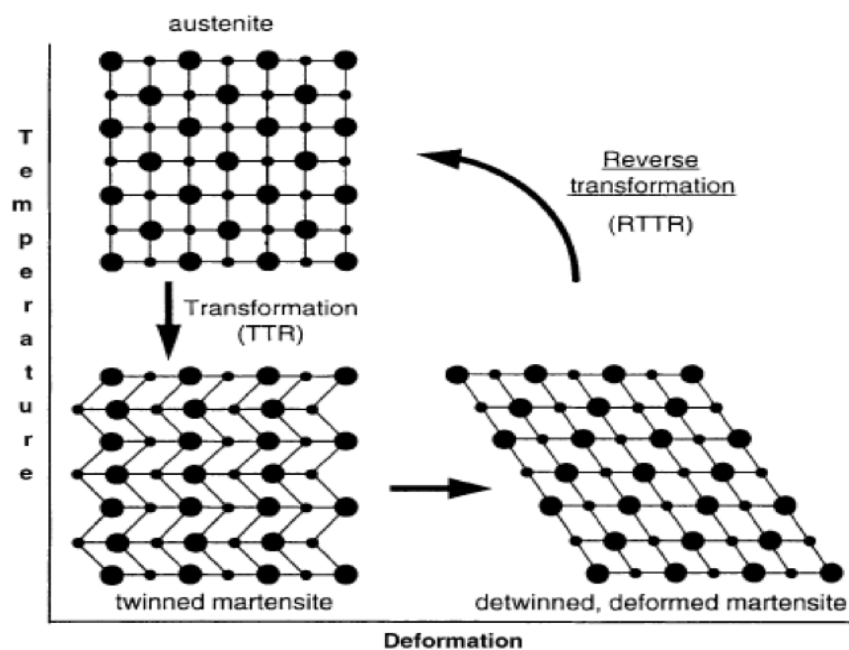


Fig. 3 Representación de la transformación martensítica y efecto de memoria de forma de una aleación de NiTi.<sup>18</sup>





La producción de la aleación de níquel-titanio es un proceso muy complejo. En teoría todos los componentes fabricados con Nitinol siguen los mismos pasos de fabricación. Primero se funden en vacío, se trabajan en caliente, se trabajan en frío y se tratan en caliente para conseguir las propiedades finales.<sup>18</sup>

La familia de aleaciones típicas NiTi comerciales cubren un rango de temperaturas de transformación desde 100° C hasta -50° C. Por ello en la fabricación se ocupa un calorímetro de escaneo diferencial (DSC) para asegurar la temperatura.<sup>18, 20</sup>

El método suele ser muy cuidadoso y se suele hacer en un horno de vacío o atmósfera inerte. Los más usados son Aleado en Vacío por Inducción (VIM) y Realeado en Vacío por Arco (VAR). La microestructura de la aleación recién obtenida tiene muy poca ductilidad y no presenta efecto de memoria ni superelasticidad. Es por ello que se realiza un procedimiento en caliente para modificar dicha microestructura. Para conseguir las propiedades físicas y mecánicas deseadas es necesario realizar un trabajo en frío en varios pasos posteriores al procedimiento en caliente. Con el trabajo en frío se obtiene la forma final, el acabado superficial final, una microestructura refinada y las propiedades mecánicas deseadas.<sup>18, 20, 21</sup>

En muchas ocasiones el Nitinol requiere un tratamiento térmico final, el cual puede ser en horno de aire o de vacío, en baño de sal, arena o cualquier otro sistema. La temperatura suele ser entre 450 y 550° C, el enfriamiento tiene que ser rápido para evitar envejecimientos en el material.<sup>22</sup>

A pesar de que las primeras limas de NiTi fueron fabricadas a partir de alambres de ortodoncia, la composición y el procesado metalúrgicos del NiTi han sido adaptados para su utilización en endodoncia. La producción de un lingote de NiTi es compleja, y es necesario el empleo del vacío. Hay muy



pocos centros capaces de producir lingotes de NiTi. Quality Dental Products (QDP), en U.S.A., ha conseguido varias formulaciones de aleación de NiTi en base a la combinación de flexibilidad y resistencia a la fractura deseadas. Para lograr mantener las propiedades pseudoelásticas/superelásticas del NiTi, podemos concluir que la composición de las aleaciones oscila entre 55% Ni y 45% Ti en peso.<sup>4</sup>

Ya hace tiempo que salieron las primeras limas de titanio al comercio. Estas fueron las MAC FILE que tenían un aspecto parecido a las limas Hedström clásicas pero con la punta menos puntiaguda. La ventaja primordial de las limas de NiTi es su flexibilidad. Esta flexibilidad debería, en teoría, permitir al odontólogo abordar, limpiar y conformar los conductos curvos con menor riesgo de transporte del foramen apical, transportes apicales, escalones y perforaciones.<sup>4</sup>

La flexibilidad de las limas de NiTi facilita la instrumentación mecánica, la cual se espera que incremente la eficacia y velocidad. Sin embargo, se hace necesario modificar el diseño. Las limas empleadas para instrumentación mecánica deben ser diseñadas de manera que prevengan un excesivo enclavamiento de ellas en las paredes del conducto, y la tendencia a atornillarse en este.<sup>4</sup>

Existen referencias de fracturas de instrumentos durante la instrumentación mecánica con limas de NiTi. Hay estudios que evidencian que la resistencia torsional de las limas de NiTi se compara con las de acero inoxidable, y que se producen rotaciones horarias de 479° a 1218° previo a la fractura. La velocidad de rotación es crítica cuando empleamos los instrumentos mecánicos, recomendándose no superar las 300 rpm cuando utilicemos instrumental de NiTi.<sup>4</sup>

## 2.1 ESTRUCTURA CRISTALOGRÁFICA DEL NiTi

### 2.1.1 FASE AUSTENÍTICA

La estructura cristalina característica de la fase austenítica en las aleaciones con memoria de forma de NiTi se designa estructura B2 y corresponde a una estructura cúbica centrada en el cuerpo, donde los átomos de Ni ocupan el centro de la red, mientras que los átomos de Ti están alrededor.<sup>21</sup> Fig. 4

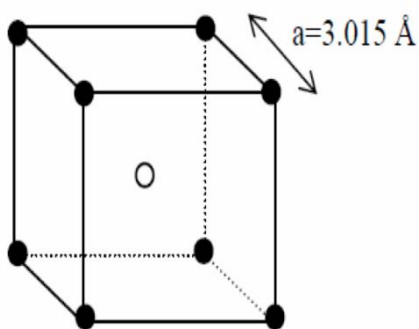


Fig. 4 Estructura B2, característica de la fase austenítica en aleaciones con memoria de forma en NiTi.<sup>21</sup>

### 2.1.2 FASE MARTENSÍTICA

La estructura cristalina de la fase martensítica en las aleaciones NiTi, se designa estructura B19' monocíclica la cual es una estructura tetragono centrada. La fase martensítica de las aleaciones NiTi tiene propiedades únicas que pueden hacer de esta aleación un material ideal para muchas aplicaciones. La forma martensítica de las aleaciones NiTi tiene una remarcable resistencia a la fatiga y puede ser fácilmente deformable.<sup>19, 23</sup> Fig.

5

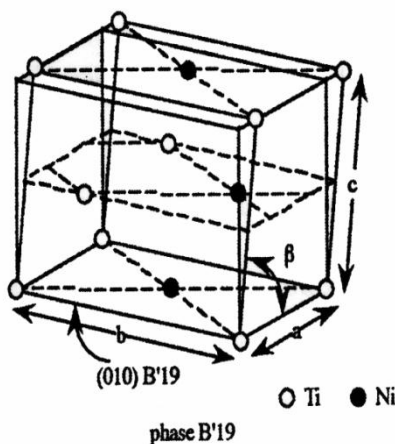


Fig. 5 Esquema de la fase martensítica B19' en el sistema NiTi.<sup>23</sup>

### 2.1.3 FASE R

La fase R, es una estructura martensítica correspondiente a una distorsión ortorrómbica de la malla cúbica (B2), aunque es más común utilizar para su descripción una red de tipo exagonal. Esta fase martensítica, a veces también llamada premartensítica, para describir una transformación que tiene lugar a una temperatura más alta que la martensítica final, forma grupos autoacomodados que pueden tener hasta 4 posibles variantes. La fase R es una fase intermedia que puede formarse durante la transición de fase martensítica a fase austenítica en un proceso de calentamiento y en una transformación reversible de fase austenítica a fase martensítica en un proceso de enfriamiento.<sup>19, 23</sup> Fig.6.

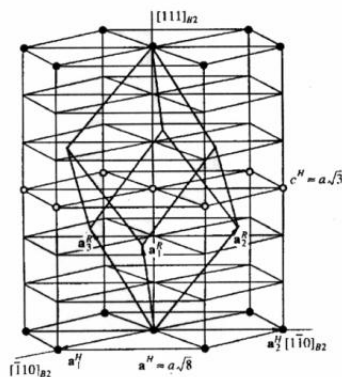


Fig.6 Estructura de la fase R.<sup>2</sup>



## 2.2 ALEACIÓN NiTi M-WIRE

M-Wire fue introducido en 2007 y se trata de una aleación con memoria de forma (AMF), o en inglés *Shape Memory Alloys* (SMA) y es producido aplicando una serie de tratamientos térmicos.<sup>19, 22</sup>

M-Wire es una aleación NiTi que tiene la capacidad de “recordar” una forma determinada, incluso después de severas deformaciones. El efecto de memoria de forma se basa en la transición que se produce entre dos fases sólidas, una de baja temperatura o martensítica y otra de alta temperatura austenítica. El material se deforma en la fase martensítica y recupera su forma reversible y sus dimensiones originales mediante el calentamiento por encima de una temperatura crítica de transición, en resumen es un cambio de sólido a sólido en el que se produce una modificación de forma.<sup>19, 22</sup>

El sistema WaveOne® está hecho en M-Wire, pero el nuevo WaveOne® Gold tiene un proceso extra de temperatura después de su manufacturación en el cual las limas NiTi M-Wire son tratadas a temperaturas muy altas y con un proceso de enfriamiento lento, denominado “Gold” y esto tiene un efecto positivo en estos instrumentos lo que las hace 50% más resistente a la fatiga cíclica que las limas WaveOne® y hasta un 80% más flexible.<sup>11, 12, 13</sup>

La aleación “Gold” combina la flexibilidad con la resistencia a la fatiga cíclica y torsional, mientras que es lo suficientemente rígida para optimizar la eficiencia de corte. Este tipo de aleación mejora la facilidad con la que el instrumento llega a la longitud real de trabajo. Reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto minimizando el transporte radicular. El tratamiento “Gold” proporciona además, una mayor seguridad de uso con una sensación táctil mejorada, así como una increíble capacidad de gestión de curvaturas complejas.<sup>13</sup>



### 2.3 ALEACIÓN NiTi GOLD CON MEMORIA DE FORMA

Las aleaciones con memoria de forma, como M-Wire y Gold se someten a una transformación de fase en su estructura cristalina al enfriarse desde una fase más fuerte, la forma de alta temperatura (austenítica) a una fase más débil, la forma de baja temperatura (martensítica). Estas aleaciones metálicas dentro de un determinado rango de temperaturas, pueden ser deformadas hasta casi un 10%, volviendo a recuperar su forma original. Estos inusuales efectos son llamados *memoria de forma térmica* (o efecto de memoria de forma) y memoria de forma elástica (o superelasticidad) respectivamente.<sup>21, 22</sup>

La aleación NiTi presenta todas las propiedades principales de las aleaciones con memoria de forma:

- Transformación martensítica termoplástica
- Memoria de forma simple
- Memoria de forma doble
- Superelasticidad
- Pseudoelasticidad
- Capacidad de amortiguamiento<sup>21</sup>

Las aleaciones con memoria de forma presentan un comportamiento completamente distinto al de los materiales usuales. Por ejemplo, mientras que se considera que la gran mayoría de los metales comienzan a deformarse plásticamente a partir de un 0.2% de elongación cuando son sometidos a un ensayo de tensión, las aleaciones con memoria de forma después de una deformación permanente a baja temperatura, esta recupera su forma inicial con un simple calentamiento.<sup>21</sup> Fig.7

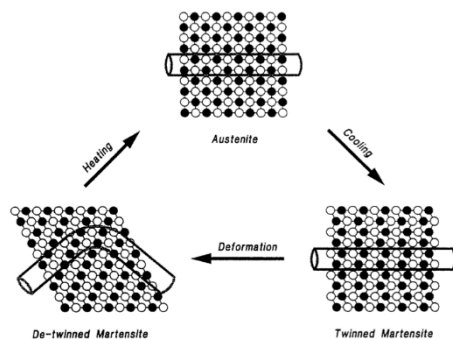


Fig. 7 Efecto de memoria en aleaciones de níquel-titanio.<sup>18</sup>

La transformación de una fase estable a alta temperatura (austenítica) a otra fase generalmente metaestable, llamada martensítica, que ocurre como consecuencia del enfriamiento brusco es una transformación que tiene la particularidad de llevarse a efecto sin difusión atómica. Lo que ocurre es simplemente un desplazamiento de átomos en forma organizada, de modo que la estructura cristalina se modifica.<sup>21</sup> Fig.8

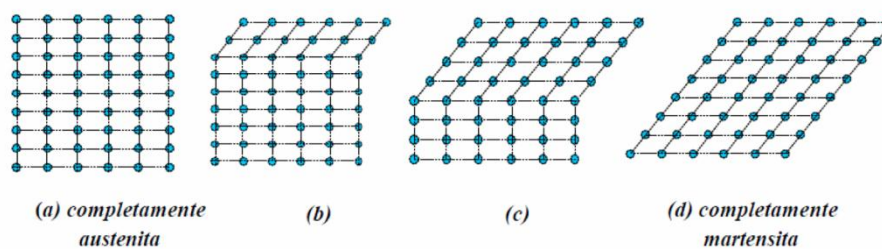


Fig.8 Transformación de fase austenítica a martensítica.<sup>21</sup>



### CAPÍTULO 3. SISTEMAS ROTATORIOS EN ENDODONCIA

Los sistemas rotatorios de NiTi constituyen la tercera generación en el perfeccionamiento y simplificación de la endodoncia y pueden considerarse como una nueva era en la práctica diaria del endodoncista.<sup>2</sup>

El uso de limas NiTi en rotación continúa ha recorrido un largo camino para eliminar los problemas anteriormente mencionados ya que se puede controlar la velocidad y la torsión aunado a que este material es muy flexible, ayudando a seguir y mantener con más facilidad el trayecto del conducto radicular limitando al mismo tiempo la extrusión de los residuos a la región apical; sin embargo, aunque esto es una gran ayuda en los tratamientos también se debe estar consiente que todos los instrumentos disponibles en el mercado, sea cual sea el material, se ven afectados por la fatiga cíclica y a la torsión.<sup>2</sup>

Las nuevas limas de níquel-titanio accionadas con motor, presentan mayor conicidad en la parte activa con aumentos que van de 0.02 a 0.12mm por milímetro de longitud. Con esta presentación, las limas al momento que son introducidas y accionadas a motor en el interior del conducto radicular, girando 360° en sentido horario, con velocidad constante y en sentido corono apical (*Crown-Down*), van a provocar limpieza, remoción del contenido séptico, restos orgánicos y limallas dentinarias hacia la cámara pulpar, y simultáneamente van a determinar el ensanchamiento de 2/3 coronarios, promoviendo el llamado desgaste anticurvatura en la preparación apical.<sup>2</sup>

El principio de la preparación en sentido corona/ápice, con poca presión, es inherente a los sistemas rotatorios, proporcionando así, un menor riesgo de agudizaciones periapicales (*Flare-up*). Otro principio, que también rige la aplicación de las limas de níquel-titanio, es que jamás se debe presionar la lima en sentido apical.<sup>2</sup>



En los instrumentos rotatorios, el principio básico fue fabricar los instrumentos con conicidad diferentes a los estandarizados (0.02mm) lo que revolucionó la técnica de endodoncia. La mayoría de los instrumentos rotatorios presentan conicidad constante, esto es, que si la conicidad del instrumento es de 0.04mm por milímetro de la longitud de la parte activa tendrá en D2, 0.89mm, (actualmente la nomenclatura es de D1 a D16 aumentando la distancia por milímetro de longitud).<sup>2</sup> Fig. 9

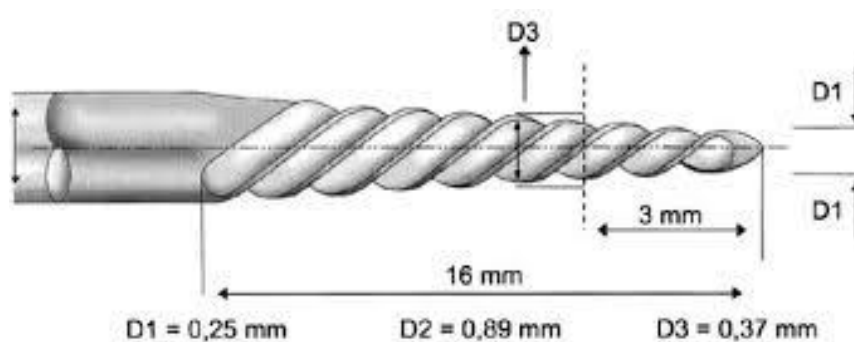


Fig.9 Dimensiones de la lima níquel-titanio con 0.04mm de aumento de conicidad de la parte activa y .25 en D1. <sup>2</sup>

### 3.1 DISEÑOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

Todas las limas en endodoncia poseen distintos diseños de corte transversal de acuerdo a las necesidades y resultados a los que se quieren llegar, se van adaptando a los principios biológicos y mecánicos del tratamiento de conductos radiculares, razón por la cual los procedimientos de limpieza y conformación tienen hoy tanto éxito, lo que se busca es poseer un alivio que permita un área menor de contacto con la dentina, disminuyendo la fricción.<sup>2</sup>

28

Los instrumentos de NiTi accionados a motor ofrecen a través de su sección transversal surcos o ranuras que actúan como área de escape, ya que estos

espacios sirven para recibir las limallas dentinarias consecuentes de la instrumentación radicular. Fig 10.<sup>2, 28</sup>

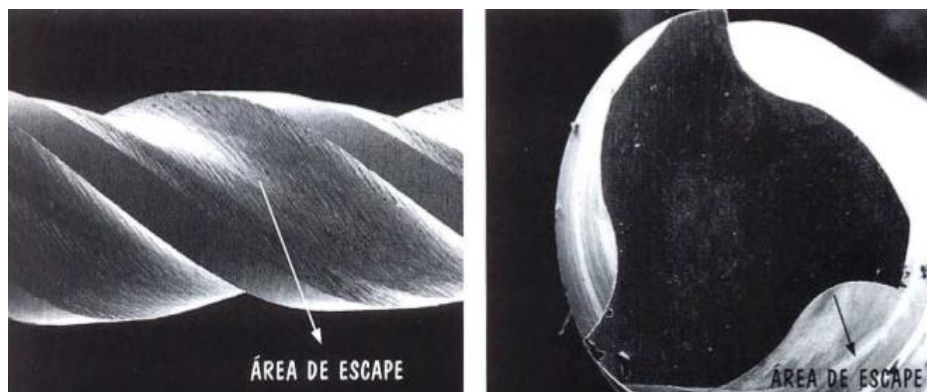


Fig. 10 Áreas de escape que presentan las limas en sus ranuras longitudinalmente y sus cortes transversales. Ejemplo lima de sistema K3.<sup>2</sup>

La sección transversal de algunos instrumentos no es homogénea. Tal hecho permite que el instrumento se “acomode” en el conducto radicular distribuyendo mejor las fuerzas aplicadas en la dentina o que el propio instrumento recibe. Este es otro hecho que, además de permitir el desgaste de todas las extensiones de las paredes dentinarias, reduce el riesgo de fractura aumentando la flexibilidad de la lima.<sup>2, 28</sup> Fig. 11

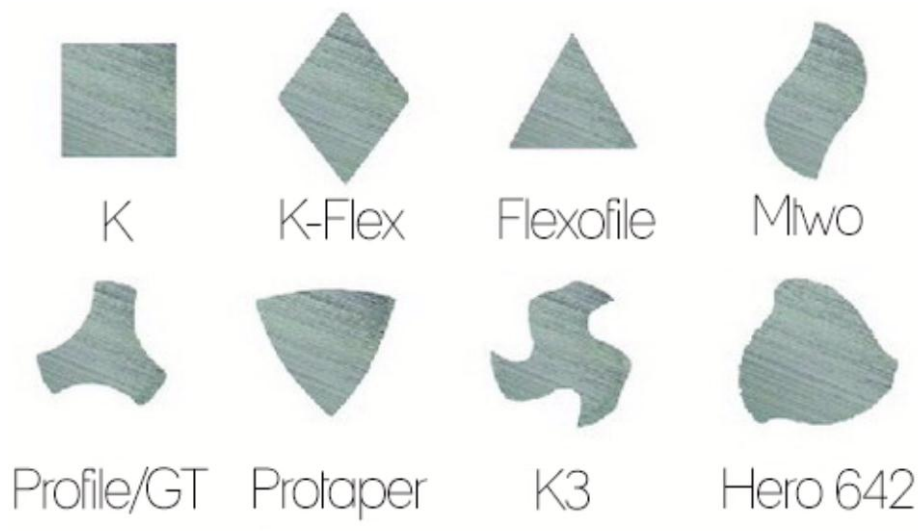


Fig.11 Distintos diseños de sección transversal de diferentes limas endodónticas. <https://www.dentaltix.com/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>

### 3.2 DISEÑOS DE PUNTA

La mayoría de los instrumentos rotatorios poseen puntas no cortantes. De esta manera, el ángulo de transición entre la punta y el cuerpo del instrumento es grande y difícilmente el instrumento se desvía del trayecto original del conducto radicular anatómico. Sin embargo, para rebasar áreas de calcificación o conductos muy estrechos y curvos, existen instrumentos con punta activa con pequeño ángulo de transición. Estos instrumentos deben usarse con mayor cuidado que lo habitual, pues fácilmente se desvían del conducto radicular original.<sup>28</sup> Fig. 12

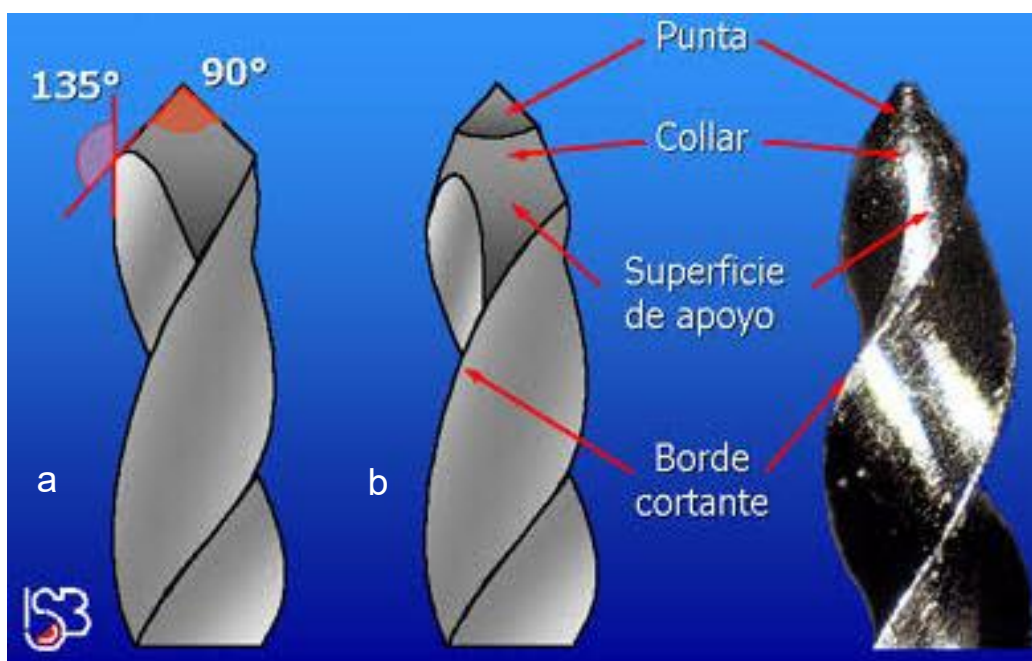


Fig. 12 Diseños de punta en limas de endodoncia (a) punta activa, (b) punta no cortante.  
<http://endodoncia-blanquel.blogspot.mx/2012/04/limas-endodonticas.html>



#### CAPÍTULO 4. SISTEMA WAVEONE®

Las limas rotatorias de NiTi WaveOne® son un sistema recíprocante de DENTSPLY Maillefer que presenta nuevos estándares en endodoncia, al proporcionar sencillez, seguridad y eficacia al procedimiento de conformación del conducto radicular, usando un solo instrumento NiTi por conducto, en la mayoría de los casos. El sistema fue diseñado por un equipo conformado por Cliff Ruddle (USA), John West (USA), Sergio Kuttler (USA), Pierre Machtou (Francia), Julián Webber (UK) y Wilhelm Pertot (Francia).<sup>8</sup>

Existe la posibilidad de que exista contaminación cruzada asociada con la incapacidad para limpiar y esterilizar completamente instrumentos de endodoncia y la posible presencia de priones en el tejido de la pulpa dental por lo cual todos los instrumentos utilizados en el interior de los conductos radiculares deberían ser de un solo uso. El sistema WaveOne® trae un nuevo concepto en el estándar de cuidado por lo cual cada lima ya vienen previamente esterilizada y está diseñada para un solo uso.<sup>8</sup>

Las limas WaveOne® trabajan de manera similar a la dinámica empleada en la técnica de las fuerzas balanceadas. El sistema emplea un motor preprogramado que rota la lima con un movimiento antihorario-horario. La preparación rotatoria recíproca ha ampliado el movimiento de giro antihorario a 170° y horario a 50°. <sup>8</sup>

La lima WaveOne® tiene una geometría en su diseño concebida específicamente para otorgar máximos beneficios, gracias al giro alterno del motor. Estas limas tienen un ángulo helicoidal y un paso de rosca variable. Presentan una sección transversal variable. Triangular convexo cerca del mango y trihelicoidal con concavidades cerca de la punta del instrumento. Fig. 13a, 13b.

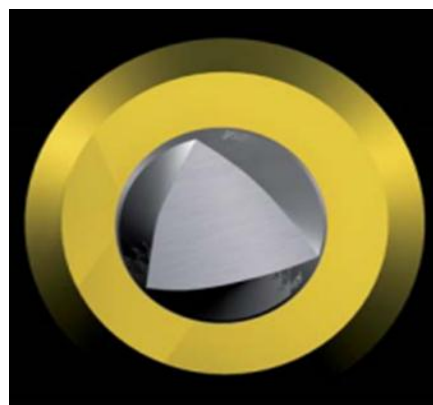


Fig. 13a Corte transversal cerca de la punta de lima WaveOne® con forma trihelicoidal con concavidades.<sup>8</sup> Fig. 13b Corte transversal cerca del mango de lima WaveOne® con forma de triángulo convexo.<sup>8</sup>

Este diseño mejora la flexibilidad global de las limas, aunado a su material de níquel-titanio M-Wire.<sup>8</sup>

La primera sección de la lima WaveOne® *Primary* de D0 a D8 está diseñada para seguir la preinstrumentación (glidepath), mientras la sección de D9 a D16 está diseñada para cortar la dentina radicular del tercio cervical.<sup>9</sup>

El borde cortante, también conocido como la hoja de la lima, forma y modela las paredes del conducto radicular, al mismo tiempo que corta y desgarrar los tejidos blandos. Los instrumentos WaveOne® están diseñados para realizar la acción de corte en sentido contrario de las manecillas del reloj por lo que la hoja de la lima se encuentra de forma invertida.<sup>9</sup> Fig.14.

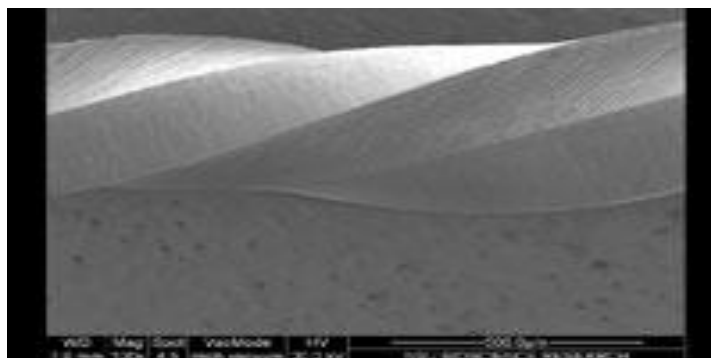


Fig.14 Bordes cortantes de la lima WaveOne® (microscopio electrónico).<sup>9</sup>



Las limas WaveOne® presentan conicidad progresiva o son “*multitaper*” en dos de sus instrumentos (*Primary* y *Large*) y esta es una de sus características más sobresalientes, pues la conicidad de las limas varía progresivamente a lo largo de su parte activa, esto es lo que hace posible la conformación del conducto con un solo instrumento.<sup>8</sup>

Las limas WaveOne® se encuentran en 3 diferentes longitudes de 21, 25 y 33mm

- WaveOne® *Small*.- Color amarillo de calibre 21 y conicidad constante del 6%.
- WaveOne® *Primary*.- Color rojo de calibre 25 y conicidad variable o progresiva, conicidad apical del 8% en los primeros 4 mm, que disminuye hacia la parte coronal.
- WaveOne® *Large*.- Color negro de calibre 40 y conicidad variable o progresiva, conicidad apical del 8% en los primeros 4 mm que disminuye hacia la parte coronal.<sup>8</sup> Fig. 15.



Fig. 15 Limas WaveOne® [www.dentsplymaillefer.com](http://www.dentsplymaillefer.com)



Para medir la fatiga cíclica y resistencia de torque de las limas WaveOne® se fijaron a un dispositivo específicamente diseñado y probado en conductos de acero templado diseñados con un radio de 3mm y un ángulo de curvatura de 60°, se usaron con una rotación de 350 rpm como lo recomienda el fabricante, los resultados de WaveOne® *Primary* en número de vueltas antes de la fractura fueron:

Fatiga cíclica: Min. 330 Max. 490

Torque: Min. 1.60 Max. 1.96

Ángulo de rotación: Min 172 Max. 260<sup>10</sup>

Alteraciones en este rango pueden afectar la fatiga del instrumento y la habilidad de conformación del conducto radicular.<sup>1</sup>



## CAPÍTULO 5 SISTEMA WAVEONE® GOLD

Las limas WaveOne® Gold trajeron a la endodoncia un procedimiento metalúrgico avanzado para la técnica de conformación de conductos con una lima única, se optimizaron los diámetros de punta, las conicidades y la sección transversal lo que ayuda a que se trabaje de una manera segura y eficaz, este sistema lleva a otro nivel la simplicidad y el éxito en el tratamiento.<sup>11</sup>

Están disponibles en envases tipo blíster pre-esterilizados listos para su uso inmediato, estas limas son 50% más resistentes a la fatiga cíclica y 80% más flexibles que las limas WaveOne®, lo que da por resultado que una sola lima por tratamiento ayude a no transportar el conducto siempre cuidando su forma interna con una conicidad variable y constante que facilite la irrigación permitiendo que el agente irrigante limpie el conducto radicular de tejido pulpar, dentina, bacterias y que proporcione resistencia para facilitar la obturación reduciendo el tiempo de trabajo en todo el tratamiento.<sup>11 12 13</sup>

Estas limas tienen un rango de tamaño más amplio a sus limas antecesoras, los cuales son: *Small, Primary, Medium y Large*, en tres longitudes clásicas: 21, 25 y 31mm y tienen un mango corto de 11mm para mejorar el acceso a los dientes posteriores. Todas estas limas disponen de conicidad variable en su proporción activa para mejorar la flexibilidad y permitir una preparación conservadora del sistema de conductos radiculares en la zona coronal.<sup>12 13</sup>

Fig.16.



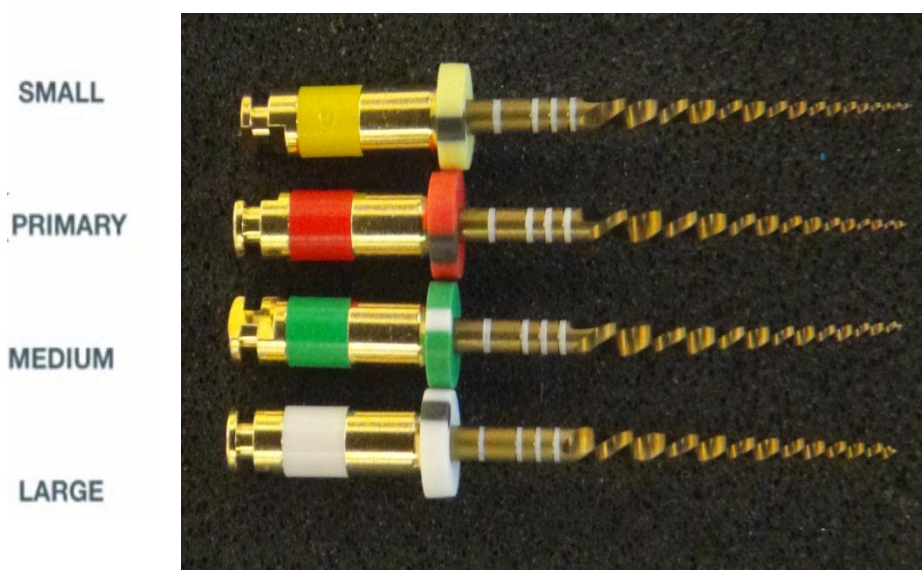


Fig. 16 Sistema de limas WaveOne® Gold: SMALL, PRIMARY, MEDIUM y LARGE. "Fuente propia"

Las limas WaveOne® Gold siguen siendo parte de un sistema global ya que cuentan con puntas de papel y conos de gutapercha estandarizados, así como obturadores específicos (Gutta-Core), que complementan la secuencia fundamental para llevar a cabo el tratamiento de conductos de una manera eficaz, la lima más utilizada en la mayoría de los casos es la *Primary* 25/.07.<sup>11 12</sup> Fig. 17.

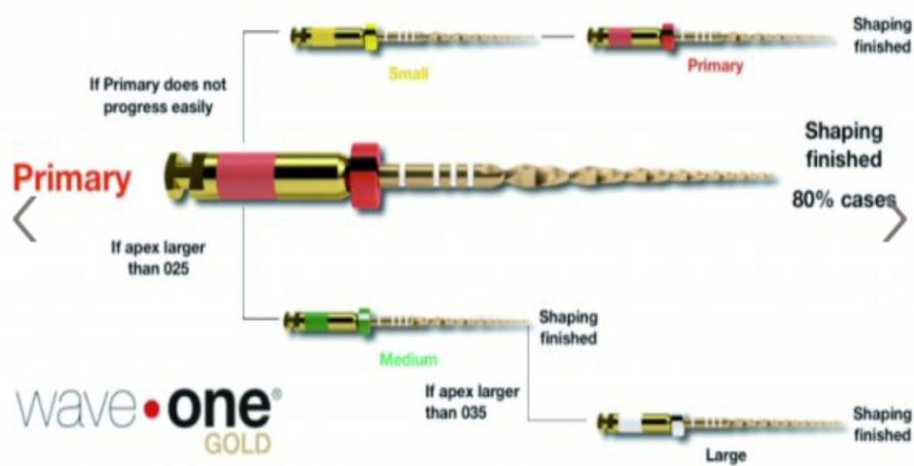


Fig.17 Lima WaveOne® Gold *primary* con la cual se resuelve el 80% de los casos.<sup>12</sup>

Las limas WaveOne® Gold no es como todos los sistemas rotatorios que tienen una punta no cortante, la punta de este sistema es semiactiva, ya que siendo de uso exclusivo de una sola lima, necesita esta punta para abrirse camino eliminando interferencias que se encuentren en el conducto radicular, sobretodo en el tercio cervical y medio para así poder llegar a la longitud de trabajo del conducto. La aleación “Gold” combina la flexibilidad con resistencia a la fatiga cíclica y torsional, mejorando la capacidad de gestión de curvaturas complejas, pero a su vez son lo suficientemente rígidas para optimizar la eficiencia de corte.<sup>11, 13</sup>

### 5.1 FORMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL

El corte transversal de WaveOne® Gold es un paralelogramo con dos ángulos de corte en contacto con la pared del conducto de 85° alternada con una sección transversal excéntrica patentada por DENTSPLY, donde solo uno de los ángulos cortantes está en contacto con la pared del conducto radicular.<sup>12</sup> Fig 18 y 19.

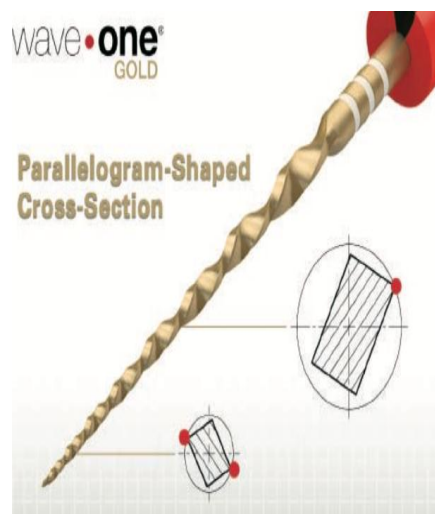


Fig. 18 Corte transversal de limas WaveOne © Gold.<sup>12</sup> Fig. 19 Sección transversal y forma de paralelogramo donde se muestra los ángulos de corte alternados.<sup>14</sup>

Reduciendo el área de contacto entre la lima y la pared del conducto radicular se disminuye el cierre cónico en conjunto con su ángulo helicoidal constante de  $24^\circ$  a lo largo de la parte activa del instrumento asegura el poco o nulo atornillamiento. Además esta sección rectangular deja una o dos aristas de corte quedando libres dos o tres para minimizar el estrés torsional del instrumento, evitando el famoso y temido “*taper-lock*” o bloqueo.<sup>12, 13</sup> Fig.20.

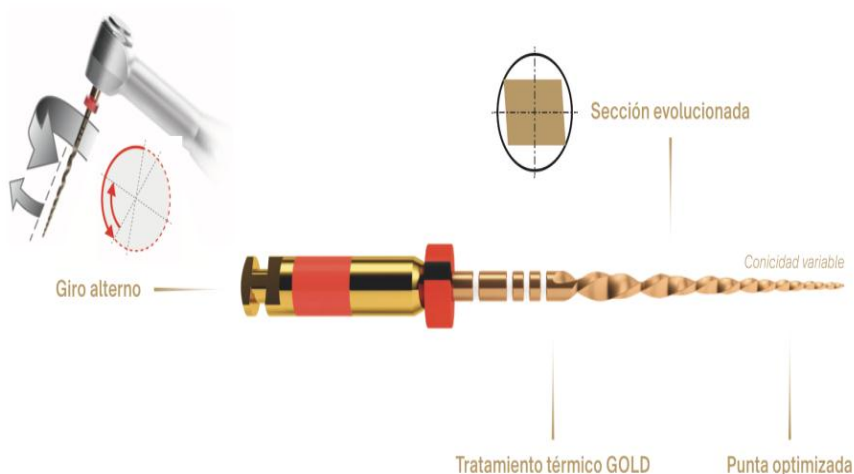


Fig. 20 Corte transversal, giro alterno y diseño de punta de WaveOne® Gold.<sup>11</sup>

## 5.2 DISEÑO DE PUNTA

La punta de WaveOne® Gold es ojival y rotundamente cónica, esta punta es semi activa modificada para reducir la masa del centro de la punta para mejorar la penetración segura en cualquier conducto radicular siguiendo la trayectoria exacta del conducto, lo cual ayuda al instrumento a deslizarse muy suavemente por las paredes, y a que la introducción sea más fácil y cómoda.<sup>12 13 14</sup> Fig. 21a, 21b y 21c.

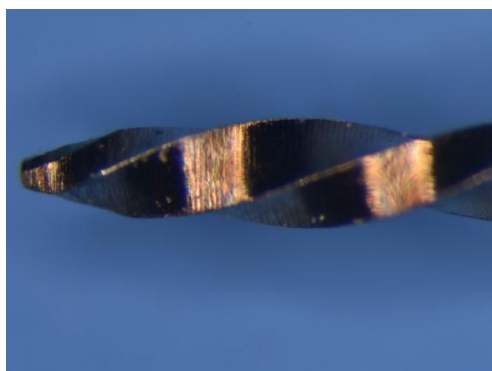


Fig. 21a Punta e inicio de espiral de la lima WaveOne® Gold.

“Fuente propia”

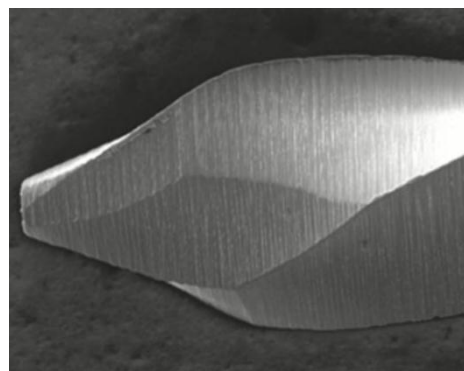


Fig. 21b Diseño ojival de la punta.<sup>12</sup>

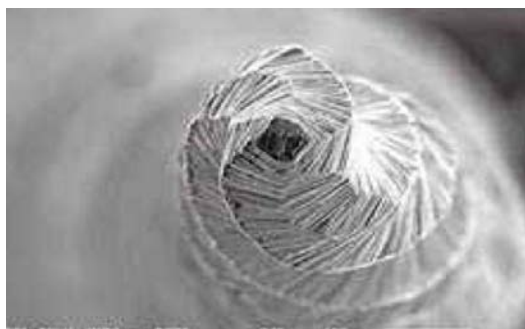


Fig. 21c Punta semiactiva de WaveOne® Gold.<sup>13</sup>

### 5.3. CONICIDAD VARIABLE

Los instrumentos presentan una conicidad variable y reducida como todos los instrumentos de Maillefer. La conicidad de WaveOne® Gold va reduciendo desde la punta a lo largo de la lima, esto da lugar a que las preparaciones del conducto radicular sean más delgadas comparado con su predecesor, esto está basado en el concepto de “mínima invasión endodóntica”. Estas preparaciones dan retención y facilitan el protocolo de irrigación y obturación. El sistema WaveOne® Gold asegura una conformación del conducto radicular más conservadora con una preservación mayor de la estructura del diente en D16 (zona coronal).<sup>12</sup>

Cada lima tiene una conicidad variable de D1 a D3, decreciente a partir de los 3mm, el porcentaje de conicidad disminuye progresivamente de D4 a D16 lo cual sirve para expulsar la dentina hacia la porción coronal. Por ejemplo la lima *Primary* tiene un diámetro de 0.85mm y 1.0mm de D9 a D12 respectivamente.<sup>14</sup> Fig. 22



Fig. 22 Limas WaveOne® Gold que presentan una conicidad variable y reducida, produciendo la forma del conducto radicular más conservadora comparada con su predecesor WaveOne®.<sup>12</sup>

La conicidad variable que va disminuyendo proporciona a la lima flexibilidad.<sup>14</sup> Fig. 23

- WaveOne® Gold *SMALL*: 20/07
- WaveOne® Gold *PRIMARY*: 25/07
- WaveOne® Gold *MEDIUM*: 35/06
- WaveOne® Gold *LARGE*: 45/06<sup>14</sup>



Fig. 23 Conicidad de limas WaveOne® Gold: *SMALL*, *PRIMARY*, *MEDIUM* y *LARGE*.<sup>14</sup>



## 5.4 MOVIMIENTO RECÍPROCO

El movimiento recíproco es definido como cualquier movimiento repetitivo de arriba y abajo o movimiento hacia adelante y reversa, ha sido utilizado para manejar los instrumentos de endodoncia desde el año 1958. Los primeros intentos de movimientos reciprocantes se usaban alternados pero de igual manera hacia adelante y hacia atrás en ángulos de  $90^\circ$  o más recientemente con ángulos menores a  $30^\circ$ , de esta manera ningún instrumento daba una vuelta entera. Estos sistemas reciprocantes ofrecen una alternativa a la preparación manual, ya que reducen la probabilidad que los conductos radiculares sean transportados al momento de instrumentar el conducto.<sup>12</sup>

Los instrumentos reciprocantes recorren una distancia angular más corta que los instrumentos rotatorios, por lo cual están sujetos a valores de estrés inferior. En consecuencia, el instrumento debe tener una prolongada vida a la fatiga. El movimiento recíproco disminuye el estrés sobre todo el instrumento por su especial acción de corte en dirección contraria a las manecillas del reloj y la liberación del mismo en dirección a las manecillas del reloj. Con el movimiento recíproco decrece el impacto a la fatiga cíclica y aumenta la resistencia torsional.<sup>15 16</sup>

Las ventajas del movimiento reciprocante están basadas en la ley de física de acción y reacción aplicada a la instrumentación de conductos radiculares, la cual resulta de la teoría de fuerzas balanceadas hecha por Roane y cols. El movimiento reciprocante minimiza el estrés a la flexión y torsión, reduce la transportación del conducto radicular y el número de ciclos para la instrumentación.<sup>16</sup>

La importancia de la rotación en sentido horario y antihorario es diferente, un ángulo de rotación amplió en dirección de corte permite al instrumento avanzar en el conducto engranando la dentina y cortándola, por el contrario,

un ángulo más pequeño en la dirección contraria permite a la lima ser inmediatamente desenroscada y continuar sin peligro a lo largo del conducto radicular, reduciendo la tendencia de atornillamiento y en consecuencia fractura.<sup>17</sup> Fig. 24.

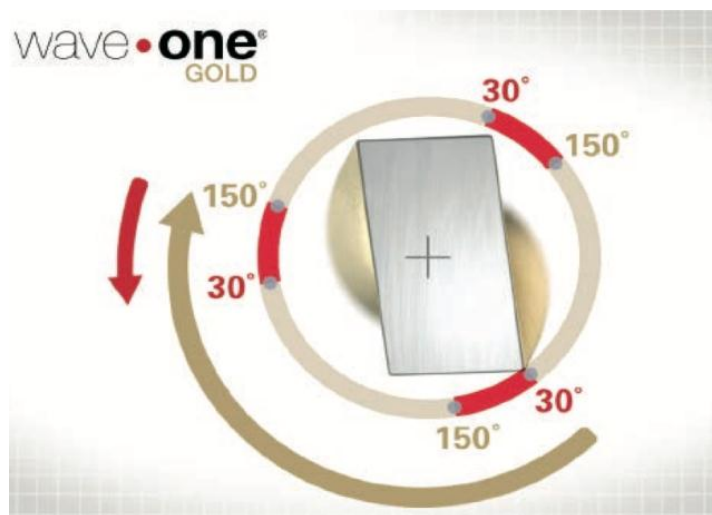


Fig. 24 Movimiento recíprocante de limas WaveOne® Gold.<sup>14</sup>

El sistema WaveOne® Gold está diseñado con una hélice de corte inverso que corta dentina en un sentido antihorario (CCW) de 150° y después el instrumento tiene la oportunidad de disminuir o anular el bloqueo de dentina con un movimiento en dirección en sentido horario de 30° (CW). El movimiento neto de corte es de 120° y por lo tanto después de 3 ciclos la lima habrá hecho una rotación inversa de 360°. Este sistema trabaja de manera similar al sistema recíprocante Reciproc, ya que manejan los mismos grados de corte en sentido horario y antihorario.<sup>12</sup> Fig. 25

Cada sistema rotatorio trabaja a diferentes revoluciones por minuto, esto va de acuerdo a las instrucciones del fabricante, las revoluciones por minuto (rpm) se definen como el número de vueltas que da el instrumento en 60 segundos, en el caso de WaveOne® Gold el fabricante recomienda trabajar a 350 rpm, al igual que el sistema WaveOne®, por lo cual se pueden usar los



mismos motores con el programa de WaveOne® para trabajar con WaveOne® Gold. Alteraciones en este rango pueden afectar la fatiga de los instrumentos y la habilidad de conformación del conducto radicular.<sup>12</sup>

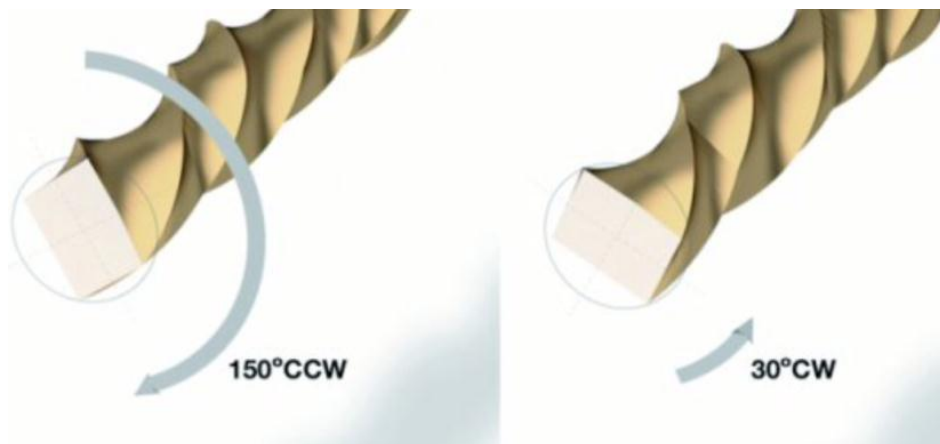


Fig. 25 Limas WaveOne® Gold 150° dirección antihorario y 30° en sentido horario completando 3 ciclos con movimiento recíprocante para completar un giro de 360°.<sup>12</sup>

Después de cuatro ciclos de corte en movimiento recíprocante de movimiento alternado una sola lima puede iniciar y completar la preparación de un conducto radicular dejando una forma interna totalmente perfecta.<sup>12</sup>

## 5.5 FATIGA CÍCLICA

Siempre existe una posibilidad de separación de los instrumentos rotatorios dentro del conducto radicular, sobre todo cuando son curvos, aun cuando éstos sean nuevos, debido a que los instrumentos de NiTi podrían no mostrar signos visibles de deformación, la fractura del instrumento puede ocurrir repentinamente, lo cual compromete el pronóstico del tratamiento de conductos radiculares. Incrementar la resistencia a la fractura ha sido el objetivo en el diseño de los nuevos sistemas rotatorios.<sup>25, 29</sup>

Diferentes aleaciones y variaciones en el diseño de corte transversal han sido sugeridas para incrementar la resistencia a la fractura por fatiga torsional





y flexural de los instrumentos. Adicionalmente la cinemática del movimiento recíprocante ha demostrado extender el tiempo de vida de las limas NiTi comparado con los movimientos rotatorios que están sujetos a valores más bajos de estrés al emitir una resistencia a la fractura por fatiga prolongada.<sup>29</sup>

WaveOne®, WaveOne® Gold y Reciproc® son los principales ejemplos comerciales de sistemas de preparación de conductos usando una sola lima y con movimiento recíprocante.<sup>29</sup>

Aunque son muchos factores los que influyen para la fractura de instrumentos, la fatiga cíclica y torsional son los más significativos.<sup>26</sup>

La fatiga cíclica es probablemente la causa más común de la fractura de limas en sistemas rotatorios. La iniciación de la línea de fractura por fatiga usualmente se da en la superficie de la zona de trabajo y resulta altamente vulnerable cuando el área de más alto estrés coincide con las ranuras y marcas del proceso de fabricación, con el electropulido los fabricantes tratan de eliminar las marcas de fabricación y mejorar la resistencia a la fractura.<sup>25</sup>

La velocidad con la que se trabaja, el movimiento de las limas NiTi, la superficie de terminado del metal y las características metalúrgicas son algunos de los factores que pueden influir en la fatiga cíclica de las limas. Muchos estudios han demostrado que el movimiento recíprocante incrementa la resistencia a la fatiga cíclica en comparación a los movimientos de rotación.<sup>26</sup>

Para medir la resistencia a la fatiga cíclica se realizó un estudio comparativo entre tres sistemas recíprocantes, los cuales fueron, Reciproc, WaveOne® y WaveOne® Gold. Los instrumentos utilizados fueron 20 limas Reciproc R25, 20 limas WaveOne® *Primary* y 20 limas WaveOne® Gold *Primary*. Se construyeron conductos radiculares artificiales de acero inoxidable con un



diámetro interior de 1.5mm y ángulos de curvatura de 60° y un radio de curvatura de 5mm, la curvatura del conducto artificial estaba localizado a 5mm del extremo coronal del conducto.<sup>26</sup>

El grupo 1 que fue Reciproc R25 trabajó a 300 rpm con el programa “*Reciproc All*” hasta que las limas se fracturaran.

El grupo 2 que fue WaveOne® *Primary* trabajó a 350 rpm con el programa “*WaveOne All*” hasta que las limas se fracturaran.

El grupo 3 que fue WaveOne® *Gold Primary* trabajó a 350 rpm con el programa “*WaveOne All*” hasta que las limas se fracturaran.<sup>26</sup>

Todas las limas fueron probadas hasta que la fractura ocurriera, y el tiempo de fractura fue medido en segundos usando un cronómetro digital. El número de vueltas antes de la fractura de cada lima fue calculado usando la siguiente fórmula: revolución por minuto (rpm) x tiempo (segundos)/60.<sup>26</sup>

Los resultados demostraron que las limas WaveOne® *Gold* tienen la más alta resistencia a la fatiga cíclica y las limas WaveOne® tienen la más baja resistencia a la fatiga cíclica mientras que las limas Reciproc® obtuvieron un resultado mayor a las WaveOne®. La longitud media de los segmentos fracturados se registró para evaluar el posicionamiento correcto de los instrumentos probados dentro de la curvatura del conducto.<sup>26</sup>

Grupo		Media	Desviación estándar
WaveOne® Primary	Gold	1628 vueltas	107
WaveOne® Primary		1153 vueltas	119.2
Reciproc® R25		1323.7 vueltas	113.3

De acuerdo a los resultados del presente estudio la resistencia a la fatiga cíclica del sistema WaveOne® Gold fue más alto que los otros dos sistemas. El tratamiento termodinámico extra de las limas WaveOne® Gold tiene una importante influencia en la flexibilidad y resistencia en este sistema, el cual está dado por la etapa de fase austenítica a martensítica que ocurre en el tratamiento adicional térmico.<sup>26</sup> Fig. 26.

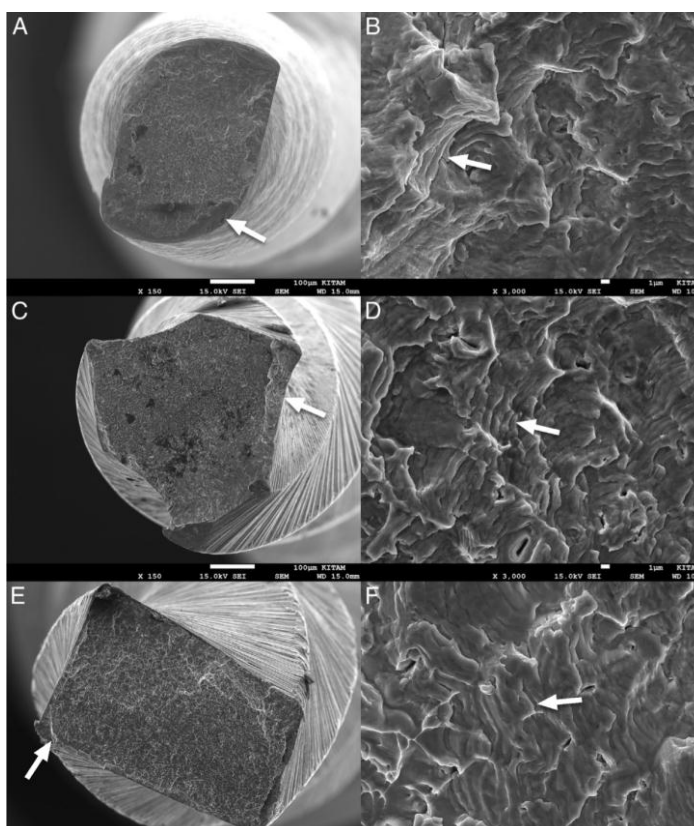


Fig.26 Apariencia de las limas después de su uso en microscopio electrónico de barrido (A) Reciproc® (C) WaveOne® (E) WaveOne® Gold, magnificación de las típicas estrías por fatiga cíclica en (B) Reciproc® (D) WaveOne® y (F) WaveOne® Gold.<sup>26</sup>

Se realizó otro estudio donde se estudiaron 60 limas reciprocantes, las cuales fueron: Reciproc® (25/08), WaveOne® *Primary* (25/08), y WaveOne® *Gold Primary* (25/07), previamente todas las limas fueron examinadas para descartar defectos y deformidades bajo un estereomicroscopio.

#### Prueba de resistencia a la flexión

Esta prueba se realizó con 10 instrumentos seleccionados al azar de cada sistema usando una máquina de ensayo universal. Se aplicó una carga de 20N a 15mm/min por medio de un alambre flexible de acero con un extremo fijado a la cabeza de la máquina de prueba y el otro extremo unido a 3mm de la punta del instrumento. Esta prueba se llevó a cabo hasta que la punta de cada muestra se sometió a un desplazamiento elástico de 45°.

#### Prueba de fatiga cíclica

Esta prueba se realizó con conductos de acero inoxidable prefabricados con un diámetro de 1.4mm y una longitud total de 19mm, con 9 mm de longitud de curva con 86° de ángulo y 6mm de radio. Fig.27.

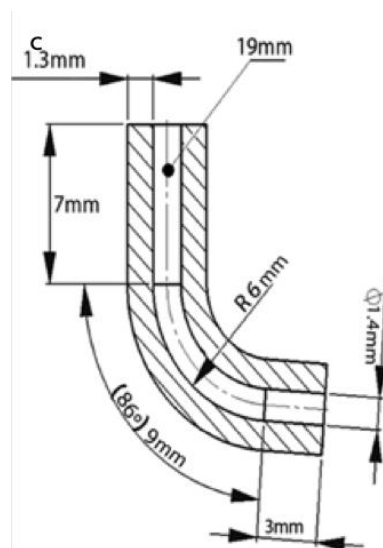


Fig. 27 Diseño del conducto de acero inoxidable prefabricado. <sup>29</sup>

Se trabajaron con 10 limas de cada sistema que fueron activados usando un contraángulo 6:1 manejado con el motor (VDW) *Silver Reciproc*, usando el programa “*Reciproc All*”, y “*WaveOne All*”, respectivamente. El conducto radicular simulado fue rellenado con glicerina para reducir la fricción y la producción de calor.

Cada lima fue introducida dentro del conducto hasta que la punta tocara un escudo colocado en el otro extremo y después este escudo se retiró ya que solo se utilizó para estandarizar la penetración de la lima en el conducto. El tiempo fue medido y registrado en el momento que la lima se fracturó.

El instrumento fracturado se limpiaba en una tina ultrasónica con alcohol durante 5 minutos y se escanearon en el microscopio, el cual también fue usado para examinar el eje helicoidal y la superficie de fractura para determinar el modo de fractura y deformación plástica utilizando diferentes magnificaciones (100x y 300x) para la obtención un mejor resultado.<sup>29</sup> Fig. 28.

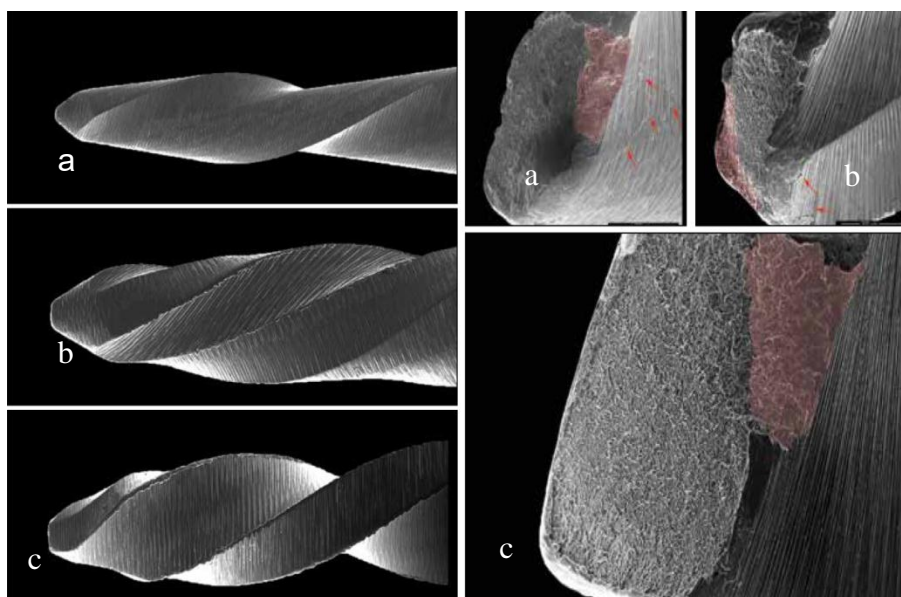


Fig. 28 Superficie de limas Reciproc®(a), WaveOne® (b) y WaveOne® Gold (c) en magnificación de (100x), y las áreas en color rojo representan la región inicial de fractura y las flechas rojas muestran la zona de mayor estrés.<sup>2</sup>



## Resultados

<b>Instrumento</b>	<b>Velocidad máxima (g)</b>	<b>Tiempo de fractura (seg)</b>
<b>Reciproc®</b>	247.9 +/- 19.02	212.8+/- 35.5
<b>WaveOne®</b>	544.8+/- 19.9	93.9+/- 17.6
<b>WaveOne® Gold</b>	330.3 +/- 39.18	92.2+/- 4.6

El sistema Reciproc® presentó la menor resistencia a la flexión, pero por otra parte reveló una significativa resistencia a la fatiga cíclica, y no se encontraron diferencias estadísticas de la fractura por fatiga cíclica entre WaveOne® y WaveOne® Gold.<sup>29</sup>

Aunque WaveOne® Gold es más flexible que WaveOne® no se encontraron diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica entre estos dos sistemas.

El sistema Reciproc® es más flexible que WaveOne® y WaveOne® Gold.<sup>29</sup>

### 5.6 FATIGA TORSIONAL

La palabra torque se define como la fuerza para rotar de una lima en su mismo eje sin desviarse, el torque está relacionado con la conicidad del instrumento, a mayor masa metálica, soportará mayor torque en la rotación en el conducto dentinario.<sup>6</sup>

La fractura por torsión ocurre cuando la punta del instrumento permanece fija en el conducto mientras el mango sigue rotando, con lo que se ejerce un torque suficiente para fracturar la punta. Esto puede ocurrir también cuando la rotación del instrumento se frena lo suficiente en relación con su diámetro transversal.<sup>6</sup>



De acuerdo con el fabricante, WaveOne® Gold tiene la simplicidad de WaveOne® con ventajas adicionales para aumentar la flexibilidad, lo que permite trabajar con diferentes morfologías de conducto de una manera eficiente y segura, el nuevo diseño de WaveOne® Gold minimiza el efecto tornillo lo que reduce el torque.<sup>29</sup>

La sección rectangular deja una o dos aristas de corte quedando libres dos o tres libres para minimizar el estrés torsional del instrumento para evitar un bloqueo, el sistema WaveOne® Gold es 53% más resistente al estrés torsional que su predecesor WaveOne®.<sup>13</sup>

## 5.7 JUSTIFICACIÓN SANITARIA DE UN SOLO USO DE LIMAS PREESTERILIZADAS

La limpieza de los instrumentos dentales es la primera línea de control para reducir la adherencia de carga biológica. El riesgo de enfermedad de Creutzfeldt-Jakob y la dificultad para remover la proteína del prion ha provocado un cambio en la limpieza de los instrumentos dentales. Actualmente una serie de métodos están disponibles para la limpieza de los instrumentos endodónticos, en los cuales se puede incluir limpiadores ultrasónicos y aparatos de limpieza y desinfección automáticos (*washer-desinfector*). La limpieza manual no es recomendable ya que involucra errores del operador y el riesgo de heridas al pincharse, además de no remover completamente los desechos de los instrumentos.<sup>24</sup>

Los instrumentos WaveOne® Gold, al igual que las limas WaveOne® tienen un nuevo concepto en el cuidado de la salud por lo que solo pueden ser usadas una sola vez. El arillo de hule con código de color de la norma ISO que se encuentra en el mango de las limas se expande y se deforma si estas

son esterilizadas, con lo cual se previene que la lima vuelva a ser colocada



en el contraángulo de la pieza de mano.<sup>12</sup> Fig. 29

Fig. 29 Anillo de hule con código de color de la norma ISO que se expande si las limas son esterilizadas. "Fuente propia"

La recomendación del uso único de las limas WaveOne® Gold añade la ventaja de reducir la fatiga del instrumento, lo cual es la consideración más importante para estos instrumentos, lo cual nos acerca cada vez más al éxito de un tratamiento.<sup>12</sup>

Los instrumentos dentales como las limas endodónticas son difíciles de limpiar, están frecuentemente contaminadas con desechos de los tejidos después de un proceso de rutina y no pueden ser excluidas como un riesgo potencial de transmisión por agentes infecciosos incluyendo priones.<sup>24</sup>

Debido a la posibilidad de contaminación cruzada asociada a la falta de eficacia en la limpieza y esterilización de los instrumentos endodónticos y la posible presencia de la proteína del prion en la pulpa dental, el departamento de salud del Reino Unido ha recomendado que las limas endodónticas sean utilizadas una sola vez como precaución para reducir el riesgo de la enfermedad del prion.<sup>8</sup>





---

## 5.8 TÉCNICA DE INSTRUMENTACIÓN CON WAVEONE® GOLD

Para obtener una instrumentación exitosa con el sistema recíprocante WaveOne® Gold se deben de tener en cuenta algunas consideraciones y secuencias que nos ayudarán a facilitar el tratamiento y realizarlo como es debido.

1. Se debe contar con radiografías del diente a tratar en diferentes ángulos para darnos una idea del ancho, largo y grado de curvatura de los conductos radiculares antes de iniciar el tratamiento y acceso coronal en línea recta.
2. Un paso importante en la técnica de instrumentación es la irrigación, se debe de irrigar abundante y frecuentemente después de remover cualquiera de las limas del sistema WaveOne® Gold del conducto radicular.
3. Los movimientos en la técnica de instrumentación deben ser cortos, entre 2 y 3mm, con una suave presión hacia apical para ir avanzando a lo largo de la trayectoria del conducto para poder ampliar y respetar su anatomía.
4. Remover la lima WaveOne® Gold cuando esta no tenga un fácil progreso en el conducto, limpiar y revisar las ranuras de corte de la lima, irrigar y verificar la permeabilidad del conducto con una lima K-FILE (010) para poder intentar introducir de nuevo la lima WaveOne® Gold. <sup>12,13, 14, 25</sup>

La lima WaveOne® Gold *Primary* (025/07) es la primera opción para iniciar el procedimiento de conformación en el conducto radicular. Esta lima crea una óptima conformación en un 80% de los conductos radiculares, y generalmente es la lima que alcanza la longitud real de trabajo.<sup>12, 14</sup> Fig. 30

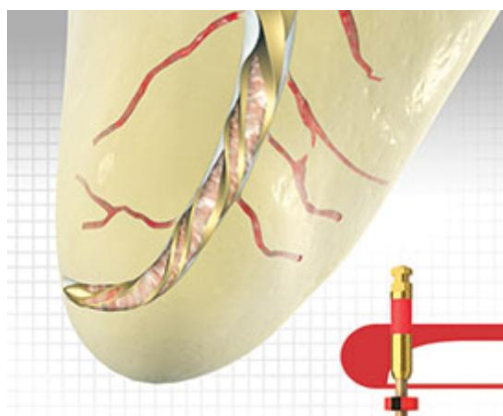


Fig. 30 Lima WaveOne® Gold *Primary* que llega a la longitud real de trabajo y va cargada de dentina que avanza hacia el tercio coronal.<sup>14</sup>

La lima WaveOne® Gold *Small* (020/07) se usa en conductos muy estrechos y/o curvos o cuando la lima WaveOne® Gold *Primary* no puede pasar a lo largo de la trayectoria del conducto radicular, se puede usar como una lima de transición para poder ampliar el conducto radicular, después de esto la lima WaveOne® *Primary* puede ser retomada para poder llegar a la longitud real de trabajo.<sup>12</sup>

En conductos amplios o cuando no consigamos calibrado apical con la lima *Primary*, utilizaremos la lima *Medium* (035/06) o incluso la lima *Large* (045/05) para conductos muy amplios.<sup>13</sup>

## SECUENCIA DE USO

Primero se exploran 2/3 coronales del conducto con la lima tipo K de calibre 8, 10 ó 15, dependiendo el diente a tratar. Estos se pueden preparar con la

lima ProGlider® rotatoria, con esto tendríamos preparados tercio coronal y medio del conducto. Fig. 31



Fig. 31 Lima PROGLIDER® <http://www.maillefer.hu>

Previo a esto se debe tener elegida la lima WaveOne® Gold que se utilizará. El siguiente paso sería permeabilizar el conducto hasta apical (una vez que ya hemos eliminado todas las interferencias coronales), se determina la longitud real de trabajo con localizador electrónico de foramen.

Con la longitud de trabajo establecida, verificamos ahora la permeabilidad (*Glidepath*) hasta apical. Esto se puede realizar con la lima rotatoria ProGlider (Dentsply-Maillefer), PathFile (Dentsply-Maillefer) y/o limas K n°8, n°10 ó n°15, según las preferencias del operador. Fig. 32



Fig. 32 Limas PathFile <https://www.proclinic.es/limas-pathfile-maillefer.html>

Una vez que ya está el conducto perfectamente permeable y con vía de deslizamiento confirmada, se instrumenta a la longitud real que previamente se había seleccionado.

El movimiento de ingreso de la lima WaveOne® Gold debe ser: ligera presión 2 o 3 veces para avanzar apicalmente, sacar el instrumento, limpiarlo, irrigar, permeabilizar con lima K n°10, volver a irrigar e introducir de nuevo la lima WaveOne® Gold, repitiendo este protocolo hasta alcanzar la longitud de trabajo. Siempre acompañado de irrigación con NaOCl durante nuestro procedimiento de preparación biomecánica. Fig. 33.<sup>12, 13, 14</sup>



Fig. 33 Protocolo de irrigación y permeabilización.<sup>25</sup>

Una vez alcanzada la longitud de trabajo con la lima WaveOne® Gold seleccionada, la conformación está lista y se debe de cumplir con el protocolo de irrigación final, el secado y por último el siguiente paso que es la obturación.<sup>12</sup> Fig. 34.

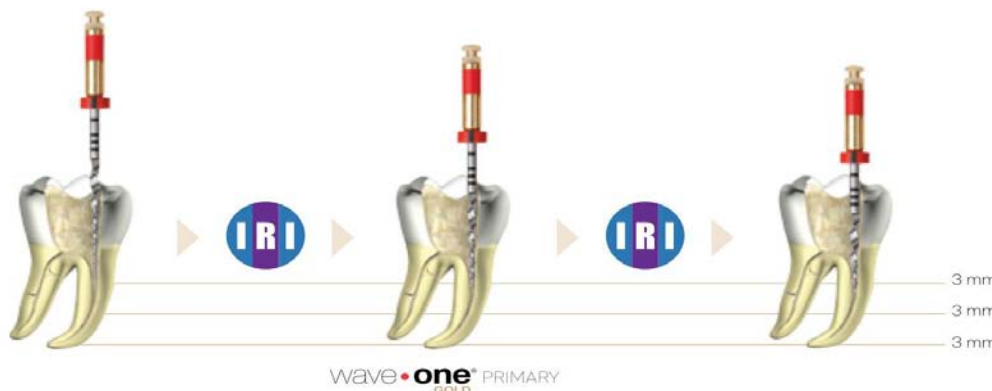


Fig. 34 Técnica de instrumentación con lima WaveOne® Gold Primary.<sup>25</sup>



## DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos y propósitos del presente estudio que consistió en evaluar la efectividad del sistema WaveOne® Gold y a su vez compararla con los sistemas WaveOne® y Reciproc® para la preparación de conductos, el movimiento recíprocante y el material del cual está hecho cada sistema, se debe considerar que estas dos propiedades tienen como fin común disminuir la fatiga cíclica y fatiga por torsión haciendo a estos sistemas menos susceptibles a la fractura.

Se puede decir que WaveOne® Gold otorga al procedimiento endodóntico una metalurgia avanzada para la técnica de conformación de conductos radiculares con lima única, lo cual aumenta sobre todo la flexión del instrumento, esto según el fabricante.

De acuerdo con Taha Özyürek, se demostró que el sistema WaveOne® Gold comparado con el sistema WaveOne® tiene una mejor resistencia a la fatiga cíclica, mientras que Reciproc® obtuvo un resultado mayor a WaveOne®. En este estudio, no se encontró diferencia significativa en las longitudes medias de los fragmentos fracturados de cualquiera de las limas estudiadas. La media del número de ciclos antes de la fractura en la lima WaveOne® *Primary* fue de 1628, con la lima WaveOne® *Primary* de 1153 y con la lima Reciproc® R25 de 1323. La longitud de fractura de cada lima estaba en el centro de la curvatura o justo por encima de este punto, lo que confirma el posicionamiento de los instrumentos en una trayectoria precisa, y se logró demostrar que las limas WaveOne® Gold obtuvieron los más altos resultados en comparación a los otros dos sistemas, lo cual demuestra la importancia del tratamiento térmico adicional de las limas WaveOne® Gold.<sup>26</sup>



De igual manera H.S Topçuoğlu et al. demuestran que la lima WaveOne® Gold *Primary* presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica que la lima WaveOne® *Primary* y que la lima Reciproc® R25, esto confirma que la alta flexibilidad de WaveOne® Gold sí tiene efectos positivos en el momento de la instrumentación.<sup>30</sup>

Otro punto importante a comparar, son las diferentes secciones transversales de las limas. La lima Reciproc® está en forma de S invertida con 2 filos de corte, la lima Waveone® tiene una forma trihelicoidal modificada en apical con una forma triangular convexa en las secciones media y coronal, mientras que la lima WaveOne® Gold presenta forma de paralelogramo. Algunos investigadores atribuyen los buenos resultados de resistencia a la fatiga cíclica de la lima Reciproc® a que la sección transversal posee baja masa del núcleo.<sup>26</sup>

Sin embargo, hay estudios que demuestran que a pesar de la alta flexibilidad de WaveOne® Gold, no existen diferencias entre WaveOne® y WaveOne® Gold en la resistencia a la fractura por fatiga cíclica. Silva et al. demostraron que existe una mayor resistencia a la fractura por fatiga cíclica por parte de la lima Reciproc® R25, en comparación de la lima WaveOne® Gold *Primary* y la lima WaveOne® *Primary*. El sistema reciprocante Reciproc® requiere una carga menor para llegar a 45° de flexión, esto indica que esta lima es más flexible que las limas WaveOne® y WaveOne® Gold. Según el fabricante, la nueva sección transversal de paralelogramo da uno o dos bordes de corte en función de la ubicación a lo largo del instrumento; esto puede generar un alto estado de estrés en comparación con la forma triangular, que distribuye la carga en más bordes cortantes. Por lo tanto, el efecto de la geometría de la nueva sección transversal parece tener más impacto que la flexibilidad proporcionada por la nueva aleación *Gold* cuando son sometidas a ensayos de fatiga cíclica.<sup>29</sup>



---

## CONCLUSIONES

Esta revisión recopila la base de investigación y conocimiento que se refiere al sistema mecanizado recíprocante WaveOne® Gold.

1. El sistema recíprocante WaveOne® Gold debe ser utilizado en determinados casos, en especial en conductos radiculares estrechos y curvos.
2. Se puede utilizar este sistema con el programa - *WaveOne All*- que se encuentra ya instalado en los motores X-Smart Plus de Dentsply Maillefer y en el Silver Reciproc de VDW.
3. La irrigación debe ser más abundante y frecuente al utilizar el sistema recíprocante WaveOne® Gold, ya que si se utiliza el protocolo de irrigación manual no se asegura que cumpla con los propósitos que este tiene.
4. Realizar la preparación de los conductos radiculares con un solo instrumento del sistema mecanizado recíprocante, no es la única opción de tratamiento. Efectuar una secuencia utilizando las cuatro limas del sistema WaveOne® Gold para la conformación de conductos radiculares es una opción al tratamiento alterno en casos que así lo requieran.
5. Las limas WaveOne® Gold tienen la punta con menor calibre comparado con WaveOne® y Reciproc®, por lo cual la instrumentación del conducto radicular se puede complementar con limas manuales en apical en caso que así se requiera.



- 
6. Que la lima WaveOne® Gold sea más flexible que su predecesora WaveOne® no quiere decir que en todos los casos la resistencia a la fatiga cíclica sea mayor, esto depende mucho del conducto que se esté trabajando.
  
  7. El concepto de limas de un solo uso menciona que no pueden ser esterilizadas ya que el mango se deforma asegurando así que no se reutilicen, evitando infecciones cruzadas ya que en el protocolo de limpieza de limas convencionales no se asegura la eliminación de priones.

El uso de movimientos recíprocos con sistema mecanizado podría ser el futuro de la endodoncia; sin embargo, aseverar que el concepto de lima única es lo mejor que existe para realizar el tratamiento de conductos es aun prematuro y se requieren de más investigaciones para determinar que la limpieza y conformación pueda realizarse hoy en día con un solo instrumento.





## BIBLIOGRAFÍA

1. De Lima M. M. Endodoncia Ciencia y Tecnología, Tomo I, Venezuela, Editorial AMOLCA; 2016. p. 317-332.
2. Leonardo M.R. De Toledo R. Sistemas Rotatorios en Endodoncia: Instrumentos de níquel-titanio, 1ª ed., Brasil, Editorial Artes Médicas; 2002. p. 3-36.
3. Soares J. Goldberg F. Endodoncia Técnica y Fundamentos, España, Editorial Médica Panamericana; 2002. p. 65-66.
4. Yeguez E. Aleación de Níquel - Titanio: y su uso en Endodoncia. Acta odontol. Venezuela, v.38 n.1; 2000. 38( 1 ). p. 4-7.
5. Beer R. Baumann M. Syngcuk K. Atlas de Endodoncia, 2ª ed. España, Editorial Masson; 2000. p. 120-121.
6. Cohen S. Hargreaves K. Burns R. Los caminos de la pulpa. 7ª ed. Editorial ELSEVIER MOSBY; 1999. p. 217-225.
7. Canalda C.S Endodoncia Técnicas Clínicas y Bases Científicas, 3ª ed. España Editorial ELSEVIER; 2014. p. 179.
8. Webber J. Machtou P. Pertot W. Kuttler S. The WaveOne Single-file reciprocating system. Roots; 2011. 1. p. 28-33.
9. Kuttler S. West J. A single File system: The Science of the Simplicity; 2012. P. 92-94. <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/7095>.
10. Pedulla et al. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining, JOE, Vol. 42, No. 1; 2016. p. 156-159.
11. Surf the conduct with confidence WaveOne® Gold; 2015. p. 1-6 [www.dentsply.com](http://www.dentsply.com)
12. Webber J. Shaping Conducts with confidence: WaveOne Gold Single File reciprocating system, Roots 1; 2015. p. 34-40.
13. Aranguren J. Surfea el conducto radicular con confianza; 2015. p. 1-4 [http://dentsply.com.mx/Pdf/Articulo\\_Wave\\_One\\_Gold.pdf](http://dentsply.com.mx/Pdf/Articulo_Wave_One_Gold.pdf)
14. Clifford J. Ruddle DDS. Single-File Shaping Technique: Achieving a Gold Medal Result, Dentistry today; 2016. p. 1-7. [www.endoruddle.com](http://www.endoruddle.com)



15. Castello R. Alegre T. Faus V. Román S. In vitro Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Protaper, WaveOne, and Twisted files, JOE; 2012. 38: p. 1521-1524.
16. Berutti E. Chiandussi G. Paolino D. Conduct Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and Protaper System: A Comparative Study. JOE; 2012. 38: p. 505-509.
17. Saber S. El Sadat S. The Effect of Altering the Reciprocation Range of the Fatigue Life and the Shaping Ability of WaveOne Nickel-Titanium Instruments, JOE; 2011. 37: p.1687-1690.
18. Thompson S. An Overview of Nickel-Titanium alloys used in Dentistry, International Endodontic Journal; 2010. 33: p. 297-310.
19. Shen Y. et al. Current Challenges and Concepts of the Thermodynamical Treatment of Nickel-Titanium Instruments, JOE; 2013. 39: p.163-172.
20. De la flor S. Simulación numérica y correlación experimental de las propiedades mecánicas en las aleaciones con memoria de forma, Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras de Ingeniería; 2005. p. 4-29.
21. Gómez y Díaz, Nitinol: un biomaterial con memoria de forma, Lectura de Ingeniería 17, Laboratorio de tecnología de Materiales, Departamento de ingeniería, Universidad Autónoma de México; 2011. p. 5-29.
22. Espinoza M. Molina A. Seminario: Aleaciones de Níquel-Titanio en Endodoncia, Universidad de Valparaíso, Facultad de Odontología, Especialidad en endodoncia; 2013. p. 9-19.
23. Santamarta R. Caracterización de aleaciones base NiTi producidas por solidificación rápida (MELT-SPINNING), Universitat de les Illes Balears, Departament de Física; 2001. p. 28-30.
24. Walker J. et al. Cleanability of Dental Instruments – Implications of Residual Proteína and Risks from Creutzfeldt-Jakob disease, BDJ; 2007.. p.395-40.
25. Kim H. et al. Cyclic Fatigue and Fracture Characteristics of Ground and Twisted Nickel-Titanium Rotatory Files, JOE; 2010. 36: p.147-152.
26. Taha Ö., DDS, PHD, Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments, JOE; 2016. p. 1-3.



- 
28. Fernández Y. Mendiola C. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: Propiedades y Diseño. Rev. Estomatol Herediana; 2011. 21(1). p. 51-54.
29. Silva et al. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of a New Single-File Reciprocating Instrument WaveOne Gold. Eur Endod J; 2016. 1(3):X. p. 1-4.
30. Topçuoğlu H. et al. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature, International Endodontic Journal; 2016. p. 1-5.
31. Ghassan Y. Canal preparation using only one Ni-Ti rotatory instrument: preliminary observations. International Endodontic Journal; 2007. p. 1-6.