



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
XOCHIMILCO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN A LA SALUD

LICENCIATURA DE ESTOMATOLOGÍA

**“CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE SISTEMAS ROTATORIOS NITI EN
ENDODONCIA: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE
CONDUCTOS RADICULARES Y SISTEMAS RECIPROC, RECIPROC BLUE,
MTWO, ROTATE, APICAL SHAPER ZARC, SLIM SHAPER ZARC, BLUE
SHAPER PRO ZARC.”**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

INFORME DEL SERVICIO SOCIAL

C. S. T- III SAN FRANCISCO CULHUACÁN

NOMBRE: ELAINE VENECIA COTERO TORRES

MATRÍCULA: 2163066404

PERÍODO DE SERVICIO SOCIAL: 1 DE AGOSTO 2022- 31 DE JULIO 2023

FECHA DE ENTREGA: octubre 2025

ASESOR EXTERNO: CD. ELÍ ZAVALA VARGAS

ASESOR INTERNO: MTRO. VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ



Casa abierta al tiempo

ASESOR EXTERNO DEL SERVICIO SOCIAL

CD. ELÍ ZAVALA VARGAS

COORDINADOR DE ÁREA DENTAL DEL C. S. T-III SAN FRANCISCO
CULHUACÁN



Casa abierta al tiempo

SERVICIO SOCIAL DE LA UAM XOCHIMILCO

ASESOR INTERNO

MTRO. VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

COMISIÓN DE SERVICIO SOCIAL DE ESTOMATOLOGÍA



Casa abierta al tiempo

RESUMEN

En los últimos años el tratamiento endodóntico ha mostrado un gran avance en cuanto al tratamiento y desarrollo de los sistemas de instrumentación rotatoria de Níquel Titanio (NiTi). La elección del sistema rotatorio es uno de los aspectos críticos ya que, además de posibilitar una adecuada conformación del conducto radicular, se debe conservar la estructura dentaria y disminuir los accidentes que pueden ocurrir durante la instrumentación. La elección de estos sistemas no es sencilla, ya que la morfología del conducto, la resistencia a la fatiga cíclica y torsional del instrumento y su capacidad de corte, etc. influyen de manera directa en la conformación y limpieza del sistema de conductos durante el proceso.

El objetivo de este estudio fue analizar los criterios que deben determinar la elección de sistemas rotatorios como Reciproc, Reciproc blue, Mtwo, Rotate, Apical Shaper, Slim Shaper y Blue Shaper Pro. Comparando y analizando sus características técnicas. Y así también, tomando en cuenta las particularidades anatómicas de los conductos radiculares. Para ello, se realizó una revisión de la literatura científica actualizada, revisión de estudios clínicos, estudios comparativos y revisiones sistemáticas respecto de la eficacia y seguridad de dichos sistemas en situaciones clínicas diversas.

Luego de revisar la evidencia recopilada se determinó que en cada caso clínico un sistema rotatorio tiene sus desventajas y ventajas. Por ejemplo, los sistemas Reciproc y Reciproc blue son de elección para conductos radiculares curvos y estrechos por la concepción unifilar del sistema que logra disminuir los tiempos.

Por otro lado, Mtwo y Rotate tienen ventajas en cuanto a la conicidad y flexibilidad se refiere, presentando una mayor adaptabilidad en conductos con anatomías más complicadas. Mientras que los sistemas Zarc, como Blue Shaper Pro, Apical Shaper y Slim Shaper fueron diseñados para tener una resistencia, flexibilidad y seguridad que aportan una mejor conservación de la estructura dentaria, respetando la anatomía original del conducto radicular.

Los resultados de esta revisión sistemática de la literatura serán de gran utilidad para la selección del sistema rotatorio adecuado para realizar un tratamiento endodóntico exitoso. La información recopilada en este trabajo pretende ser una base importante para el estudiante de Odontología y de postgrado en Endodoncia. Las decisiones basadas en el conocimiento de las evidencias y el desarrollo de experiencia clínica permitirán al clínico tomar decisiones más asertivas.



Casa abierta al tiempo

Asimismo, se llevó a cabo una investigación basada en la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) acerca de la población de la alcaldía Coyoacán, así como los servicios disponibles en el Centro de Salud T-III San Francisco Culhuacán. En este apartado se describen de manera anual las actividades desarrolladas en el marco del servicio social correspondiente a 2022- 2023.

Palabras clave:

Endodoncia, sistemas rotatorios NiTi, conductos radiculares, instrumentación endodóntica.



Casa abierta al tiempo

INDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL. 1

1. CONTEXTO DE LA ENDODONCIA Y LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS ROTATORIOS NiTi.	1
2. PROPÓSITO DEL ESTUDIO Y SU RELEVANCIA EN LA PRÁCTICA CLÍNICA.	2
3. OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL.	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
4. ESTRUCTURA DEL INFORME Y BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	5

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA 7

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ANATOMÍA INTERNA CAMERAL Y RADICULAR.	7
2.1.1 IMPORTANCIA DE LA MORFOLOGÍA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES EN LA ENDODONCIA.	7
2.1.2. VARIACIONES ANATÓMICAS Y SU IMPACTO EN LA INSTRUMENTACIÓN.	10
2.1.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ANATOMÍA RADICULAR	12
2.2. GENERALIDADES DE LA ENDODONCIA.	15
2.2.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL TRATAMIENTO ENDODÓNTICO.	15
2.2.2. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INSTRUMENTACIÓN ENDODÓNTICA.....	17
2.2.3. CONSIDERACIONES EN LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA....	18
2.3. EVOLUCIÓN DEL NÍQUEL TITANIO EN LA ENDODONCIA.....	21
2.3.1. DESARROLLO Y PRIMERAS GENERACIONES DE INSTRUMENTOS DE NiTi	21
2.3.2. INTRODUCCIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS NiTi.	24
2.3.3. INNOVACIONES RECIENTES EN EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE NiTi.....	26
2.4. NITINOL Y SUS APLICACIONES EN ENDODONCIA.....	28
2.4.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL NITINOL EN LA INSTRUMENTACIÓN ENDODÓNTICA.	28
2.4.2. DIFERENCIAS ESTRUCTURALES ENTRE INSTRUMENTOS EN FASE R Y FASE M.....	30
2.4.3. EFECTOS DEL RECUBRIMIENTO Y MODIFICACIONES SUPERFICIALES EN LOS INSTRUMENTOS DE NiTi.	33
2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE NiTi SEGÚN SU TRATAMIENTO TÉRMICO.	34
2.5.1. INSTRUMENTOS EN FASE PINK: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES CLÍNICAS.	34
2.5.2. INSTRUMENTOS EN FASE GOLD: VENTAJAS Y LIMITACIONES.	36
2.5.3. INSTRUMENTOS EN FASE BLUE: EVOLUCIÓN EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA.	38
2.6. ROTATORIOS NÍQUEL TITANIO: GENERALIDADES Y PROPIEDADES.....	40
2.6.1. PARÁMETROS MECÁNICOS EN LA INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA.	40

CAPÍTULO III: SISTEMAS ROTATORIOS DE NÍQUEL TITANIO43

3.1. GENERALIDADES	43
3.2. COMPARACIÓN DE SISTEMAS ROTATORIOS DE ELECCIÓN	46
ZARC BLUESHAPER PRO.	46
ROTATE.....	48



Casa abierta al tiempo

MTWO.....	50
RECIPROC CONVENCIONAL.	52
RECIPROC BLUE.	53
APICAL SHAPER ZARC.....	55
SLIM SHAPER ZARC.	56

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA58

4.1. ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	58
4.1.1. TIPO DE ESTUDIO.....	58
4.1.2. OBJETIVO DEL DISEÑO METODOLÓGICO.	59
4.1.3. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO.	60
4.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN61	61
4.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.	61
4.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.	62
4.3. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA DE LITERATURA.63	63
4.3.1. BASES DE DATOS CONSULTADAS.	63
4.3.2. PALABRAS CLAVE Y OPERADORES BOOLEANOS.	64
4.3.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS.	64
4.4. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....65	65

CAPÍTULO V: RESULTADOS66

5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA Y FLEXIBILIDAD ENTRE LOS SISTEMAS ROTATORIOS ANALIZADOS.....	67
5.2. CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE LIMAS ROTATORIAS NiTi.....68	68
5.2.1 PARÁMETROS TÉCNICOS DE USO CLÍNICO	69
5.2.2 TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y COLORACIÓN COMERCIAL	69
5.3. IMPACTO CLÍNICO DE LOS SISTEMAS ROTATORIOS DE NiTi EN LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS.....	70

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN71

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES73

CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.	76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....79

CAPITULO VIII: ANTECEDENTES87

8.1 DATOS DE LA UNIDAD DE SALUD	87
--	-----------



Casa abierta al tiempo

8. 1. 1 PLANO DE LA UNIDAD C. S. T-III SAN FRANCISCO CULHUACÁN	88
8. 1. 2 SERVICIOS QUE PRESTA EL CENTRO DE SALUD	89
8. 1. 3 ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD	89
8. 2 MISIÓN	90
8. 3 VISIÓN.....	90
8. 4 LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE SALUD Y ZONA DE INFLUENCIA	90
8. 4. 1 IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD	92
8. 4. 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	92
.....	92
8. 4. 3 SUPERFICIE TERRITORIAL	92
8. 4. 4 OROGRAFÍA	93
8. 4. 5 HIDROGRAFÍA.....	93
8. 4. 6 CLIMA Y TEMPERATURA	93
8. 4. 7 ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	94
8. 4. 8 FAUNA	94
8. 4. 9 FLORA	94
8. 5 No. TOTAL, DE AGEBS Y CUÁNTOS SON DE ALTA MARGINALIDAD	95
8. 7 PIRÁMIDE POBLACIONAL	96
8. 8 PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD	97
8. 9 PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD.....	98

CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO DE SALUD.....99

CAPITULO IX: SERVICIO ESTOMATOLÓGICO.....99

9. 1 ÁREA DENTAL	99
9. 2 MATERIAL	100

CAPITULO X: INFORME NUMÉRICO..... 100

10. 1 IDENTIFICACIÓN	100
10. 2 ACTIVIDADES DE PROMOCIÓN A LA SALUD	101
10. 3 ACTIVIDADES DE MÓDULO.....	101
10. 4 ACTIVIDADES DE CAMPO (ESCUELA).....	103
ANÁLISIS DE DATOS	105
CONCLUSIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	106
FOTOGRAFÍAS	107



Casa abierta al tiempo

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL.

1. Contexto de la endodoncia y la importancia de los sistemas rotatorios NiTi.

La Endodoncia es una de las especialidades odontológicas que más ha evolucionado en los últimos años, logrando que los tratamientos sean cada vez más eficaces y predecibles. Su principal objetivo es la restauración de piezas dentales afectadas por caries profundas, traumatismos o enfermedades de la pulpa, las cuales se logran a través de la extirpación del tejido pulpar comprometido, la desinfección del sistema de conductos radiculares y la obturación del conducto tridimensional, manteniendo o devolviendo un estado de salud en los tejidos perirradiculares. A lo largo de los años, la especialidad ha tenido distintos desafíos relacionados con el diseño y conformación física de los instrumentos para la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, debido a la gran diversidad anatómica que presentan dichos sistemas de conductos, lo que conlleva a riesgos asociados, como la fractura de instrumental, la formación de escalones, falsas vías, transportación del foramen y perforaciones; no ha sido tarea fácil. Hace unos años, la única posibilidad era instrumentar con limas manuales de acero inoxidable, y era una técnica que llevaba un tiempo de trabajo mayor y que necesitaba mayor destreza por parte del operador. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas rotatorios en base a una aleación de Níquel Titanio ha constituido un avance plenamente significativo, ya que se ha mejorado la conformación del conducto, respetando su morfología original y a la vez ha contribuido a un menor margen de errores durante el procedimiento.

La adecuación de los tratamientos de conductos realizados con sistemas de instrumentación rotatoria de níquel-titanio es el mayor cambio respecto a los elaborados con instrumentos de acero inoxidable. La superelasticidad de las aleaciones de níquel-titanio permite emplear secciones de mayor sección transversal de las utilizadas en el acero, por lo que, a igualdad de masa, ofrecen más resistencia a la fatiga cíclica; permiten la adaptación a la morfología del conducto, disminuyendo el riesgo de fracturas de instrumentos y favoreciendo la conservación de la estructura dentaria remanente en el procedimiento. La presencia de estos sistemas ha logrado acortar el tiempo de trabajo y mejorar los resultados clínicos, principalmente en los conductos con curvaturas acentuadas y atrésicos.

Por lo tanto, el impacto de los sistemas rotatorios en la Endodoncia no se limita a la reducción del tiempo operatorio o una mejora en la conformación de los conductos, sino que también ha permitido acercarse a los enfoques más conservadores de preparación biomecánica. Al evitar la necesidad de aplicar fuerza excesiva durante la instrumentación, se evita el estrés del sistema rotatorio sobre las paredes dentinarias, fomentando la durabilidad del mismo sistema.



Casa abierta al tiempo

La evolución de los diseños de los sistemas rotatorios conduciría a diversas opciones de dispositivos con variaciones entre sí en la conicidad, la torsión, la velocidad de rotación, el torque requerido y el diseño de la punta. Sistemas rotatorios como Reciproc®, Reciproc Blue®, Mtwo®, Rotate®, Apical Shaper Zarc®, Slim Shaper Zarc® y Blue Shaper Pro Zarc® se utilizan para anatomías radiculares severamente curvadas. Ya que cualquier paciente tiene su anatomía radicular única, elegir el sistema apropiado es clave para garantizar el éxito del tratamiento de conductos.

En conclusión, a pesar de los avances tecnológicos, la instrumentación rotatoria en endodoncia sigue siendo un área en constante evolución y donde la investigación y el desarrollo de nuevos instrumentos continúan optimizando los resultados clínicos. Recientes estudios han reportado que el uso de sistemas rotatorios no solo aumenta la eficiencia del tratamiento, sino que también reduce el dolor postoperatorio y mejora la cicatrización periapical. El uso inapropiado de estos sistemas puede derivar en fracturas de los instrumentos o preparaciones inadecuadas del conducto.

Esta capacitación especializada debe ser implementada en el currículum odontológico, ya que el uso de cada sistema rotatorio, junto con su implementación en diferentes escenarios clínicos, es crucial para el desempeño clínico del odontólogo. La Endodoncia moderna se encuentra en un punto en el que la tecnología es un factor clave en la toma de decisiones clínicas y el uso apropiado de los sistemas rotatorios de NiTi es un factor determinante para mejorar la calidad y la preservación de la dentición en el largo plazo.

2. Propósito del estudio y su relevancia en la práctica clínica.

El propósito de este estudio es analizar y establecer los criterios para la elección de los sistemas rotatorios de Níquel Titanio adecuados en Endodoncia considerando la interacción de las características anatómicas de los conductos radiculares con las propiedades mecánicas de los distintos sistemas disponibles en el mercado. La instrumentación rotatoria revolucionó la práctica de la Endodoncia, proporcionando preparaciones más predecibles, seguras y eficientes.

Sin embargo, con la aparición de múltiples marcas de sistemas rotatorios en el mercado, que hoy representan un gran número siendo muy difícil analizar todas, mencionaremos aquellas de mayor impacto en el mercado y que son avalados por diversas investigaciones; como Reciproc, Reciproc Blue, Mtwo, Rotate, Apical Shaper Zarc, Slim Shaper Zarc y Blue Shaper Pro Zarc, hay una variedad tan grande, que surge incertidumbre acerca de cuál usar en un determinado caso clínico.

Muchos factores entran en juego durante esta elección, todos, desde el grado de la curvatura del conducto y la conducta del instrumento frente a la curvatura hasta la resistencia a la fractura de este. Por lo tanto, es esencial comprender cómo estos factores interactúan entre sí para mejorar la calidad del tratamiento del conducto



Casa abierta al tiempo

radicular y evitar complicaciones que podrían comprometer la longevidad del diente tratado. Por lo tanto, compila una guía basada en la mejor evidencia científica disponible, para que se pueda realizar una elección más informada y eficiente proporcionando conocimientos del consumo sobre estas herramientas rotatorias, evaluar qué sistema de Ni-Ti utilizar en cada caso clínico de acuerdo con las características de la anatomía del órgano dental a tratar.

En la práctica clínica, uno de los desafíos más grandes en Endodoncia se presenta en la instrumentación de conductos con morfología complicada, como en el caso de curvaturas severas, densindent, dens evaginatus o secciones ovales. Cada error en la elección de un sistema rotatorio adecuado puede generar desde fracturas del instrumento y desgaste excesivo de la dentina hasta la imposibilidad de realizar una obturación tridimensional correctamente. A pesar del desarrollo significativo de materiales y diseño de instrumentos, un criterio claro y cuantitativo para elegir un sistema en particular sigue siendo un reto; por lo tanto, muchos odontólogos siguen prefiriendo un enfoque empírico, basado en la experiencia personal en lugar de resultados experimentales. Este estudio concluyente busca alcanzar la brecha en esta área al proporcionar un análisis comparativo de los sistemas presentes en el mercado y su desempeño en varios escenarios clínicos. A través de una revisión detallada y del análisis de la mecánica de cada instrumento, determinará un marco referencial útil para optimizar la instrumentación de los conductos radiculares y reducir el margen de error.

Tener un sistema bien seleccionado reduce drásticamente la duración del trabajo, disminuye o elimina el dolor postoperatorio y minimiza el riesgo de secuelas terapéuticas. Estudios recientes han demostrado que la resistencia a la fatiga cíclica, la flexibilidad y la capacidad de corte son factores determinantes para el éxito del tratamiento. Esto es especialmente cierto para los instrumentos que se usan en conductos de difícil acceso. Lamentablemente, no todos los sistemas presentan el mismo nivel de rendimiento en todo tipo de conductos, lo que exige un criterio para su elección. De este modo, esta investigación puede servir como herramienta para ayudar en la toma de decisiones sobre la instrumentación para aumentar la seguridad y la predictibilidad del tratamiento.

Por lo tanto, este estudio es relevante, ya que la Endodoncia sigue evolucionando y la demanda de los pacientes por un tratamiento de calidad está en constante aumento. La Odontología moderna no solo se centra en la funcionalidad a largo plazo del diente, sino que también promueve un tratamiento menos invasivo. La selección adecuada de un sistema NiTi rotatorio es crucial y, en última instancia, puede determinar el éxito o el fracaso del tratamiento. Por lo tanto, esta investigación es relevante, ya que puede proporcionar a los profesionales una base sólida de conocimientos para mejorar su práctica. Ayudará a promover la Odontología basada en la evidencia, en la que la eficacia es crucial, pero no a expensas de la seguridad del paciente.



Casa abierta al tiempo

3. Objetivos

El objetivo de este estudio es establecer criterios claros y basados en la evidencia científica para la elección del sistema rotatorio NiTi más adecuado en la práctica endodóntica relacionado al vínculo entre las características anatómicas de los conductos radiculares y las propiedades mecánicas de los sistemas rotatorios disponibles en el mercado. En la actualidad, la instrumentación endodóntica se ha optimizado mediante el uso de estos sistemas, lo que ha permitido mejorar la calidad del tratamiento y reducir el tiempo de trabajo. Sin embargo, sigue siendo un desafío elegir el sistema más adecuado para los profesionales, ya que cada diente tiene una anatomía única y cada sistema rotatorio tiene propiedades diferenciadas que pueden influir en el éxito del procedimiento. Por lo tanto, los objetivos establecidos para este estudio son:

Objetivo General.

Analizar y comparar los sistemas rotatorios de Níquel titanio NiTi, Reciproc, Reciproc Blue, Mtwo, Rotate, Apical Shaper Zarc, Slim Shaper Zarc, Blue Shaper Pro Zarc que se usan en Endodoncia para establecer criterios de selección adecuados con base en las características anatómicas de los conductos radiculares, para optimizar la calidad del tratamiento endodóntico y minimizar el riesgo de complicaciones.

Objetivos Específicos.

Describir la morfología de los conductos radiculares y su influencia en la endodoncia.

Analizar las variaciones en la anatomía radicular relativamente la curvatura, dimensión y longitud para comprender cómo influyen en la elección del sistema rotatorio. La anatomía radicular es un aspecto crucial en la Endodoncia porque la instrumentación inadecuada puede comprometer la limpieza y el cierre del conducto produciendo una reducción en la tasa de éxito del tratamiento.

Identificar las propiedades de los sistemas mecanizados NiTi y sus comportamientos según las condiciones clínicas.

Cada sistema rotario tiene sus propias características cuando se trata de la flexibilidad, resistencia a la fatiga cíclica, conicidad y capacidad de corte. Por lo tanto, será posible examinar cómo estas propiedades afectan la preparación del conducto y su eficiencia en los distintos conductos ya sean rectos y amplios, curvos, con curvatura severa, o sección oval.



Casa abierta al tiempo

Comparar el rendimiento clínico de los diferentes sistemas de equipo mecánico en términos de seguridad, eficacia, y preservación de los desgastes de la estructura dentaria.

Mediante un estudio de los estudios y revisiones sistemáticas, verificar cuál de estos sistemas se desempeña mejor en la práctica, con respecto a la incidencia de fractura de las fresas o limas. Además, la facilidad de uso, y la calidad de la preparación del conducto y preparación del sistema.

Establecer criterios de elección basados en la relación entre las propiedades del conducto y el sistema NiTi más apropiado.

Todos los estudios y análisis antes mencionados se unirán y se muestran para ofrecer una guía en la que los clínicos puedan basarse y ayudar a que la elección de las limas dentales se elija según la evidencia científica y no según la experiencia.

Determinar el impacto clínico de la elección correcta del sistema en la tasa de éxito del tratamiento.

Revisar la forma en que la elección del sistema rotatorio influye en la tasa de éxito del endodoncista para restaurar el diente, disminuyendo la posibilidad del eccema **(Afección cutánea caracterizada por vesículas rojizas y exudativas, que dan lugar a costras y escamas)*, perforaciones, formación de escalones, etc. Con estos objetivos, el estudio, por lo tanto, se puede referir de una manera significativa al establecimiento de un criterio clínico claro y alentador en la Endodoncia, aumentando la predictividad del tratamiento y un mejor desempeño frente a la seguridad en cualquier aplicación diaria.

4. Estructura del informe y breve descripción de la investigación.

Con el fin de abordar de manera clara y precisa el estudio de la elección de los sistemas rotatorios de Níquel Titanio en la Endodoncia basada en la relación de los conductos radiculares, este informe está organizado de manera que se pueden seguir de manera paulatina las respuestas. Por lo tanto, el trabajo se divide en varios capítulos que se acercan gradualmente al problema del estudio. En particular, el documento comienza con una introducción, donde se describe el problema general, se revela la relevancia de estudiar este tema en Odontología y los objetivos del trabajo se indican.

En el siguiente capítulo, la literatura en lenguaje de programación, todos los conceptos necesarios para comprender la evolución temporal del estudio se reúnen. También se ha dividido este capítulo en bloques temporales y han descrito la morfología del sistema del canal radicular y las propiedades de los instrumentos de



Casa abierta al tiempo

níquel-titanio. Finalmente, toda la información sobre los artículos científicos utilizados, sus características, ventajas y desventajas, han sido agregados.

El estudio continúa con el capítulo de metodología, donde se describe el enfoque de la investigación, las fuentes de información utilizadas y los criterios empleados para comparar los distintos sistemas rotatorios. La información mencionada previamente se ha obtenido mediante datos de estudios clínicos, revisiones sistemáticas y artículos científicos de alto impacto. En este apartado, se detallan los ítems utilizados para medir el desempeño de los sistemas rotatorios, tales como la flexibilidad, resistencia a la fatiga cíclica, conservación de la estructura dentaria y eficiencia en la limpieza de los conductos radiculares. Dicha metodología garantiza que los resultados del estudio sean sostenidos por evidencia científica y datos duros, impidiendo la introducción de sesgos y subjetividades.

El capítulo de resultados ofrece un análisis comparativo de los sistemas rotatorios seleccionados, identificando sus diferencias y similitudes relevantes en diversas condiciones clínicas. La relación entre las características del conducto radicular y el rendimiento del sistema en términos de instrumentación y éxito clínico se representa mediante tablas y gráficos. Esta sección es fundamental, ya que simplifica y proporciona una visión objetiva de los sistemas más adecuados según la anatomía radicular. Por lo tanto, es una guía esencial para que los odontólogos puedan realizar deducciones relevantes. También se discuten las implicaciones clínicas derivadas de los análisis, proporcionando una visión clara de los posibles riesgos y beneficios del uso de un sistema rotatorio específico en una consulta endodóntica.

El informe finaliza con una discusión, y las conclusiones directas proporcionan una comprensión más profunda de los hallazgos registrados. El conocimiento adquirido en este estudio podría fundamentar futuras investigaciones sobre el mismo. Las referencias, en formato Vancouver, garantizan que toda la información utilizada en el desarrollo de este informe sea académica y objetiva. Su diseño estructural lo convierte en una referencia indispensable para profesionales en ejercicio y estudiantes de Odontología que desean profundizar en la instrumentación rotatoria en Endodoncia. Por lo tanto, se enfatizan las prácticas basadas en la evidencia y la mejora de los procesos clínicos.

Capítulo II: Revisión de Literatura

2.1. Características de la anatomía interna cameral y radicular.

2.1.1 Importancia de la morfología de los conductos radiculares en la Endodoncia.

¹ La Endodoncia moderna se basa profundamente en la morfología de los conductos radiculares, dado que la anatomía radicular influye directamente en el éxito del tratamiento. A su vez, la anatomía de los conductos radiculares es extremadamente variable en los diferentes pacientes e incluso dentro de los mismos tipos de dientes, estos patrones anatómicos cambiantes representan un desafío constante para el especialista. La identificación correcta de la forma, curvatura, número y distribución de los conductos son críticos para la limpieza, conformación y obturación exitosa. Raramente, las raíces del diente pueden exhibir uno de gran calibre central; más comúnmente, se ramifican, tienen canales accesorios, conductos en forma de “C” y tienen diferencias considerables en diámetro y conicidad (Figura 1).

Estas diferencias anatómicas pueden tener un impacto directo en el procedimiento de instrumentación y, si no son apropiadamente tratadas, pueden comprometer el pronóstico del tratamiento, aumentando la incidencia de reinfección bacteriana y endodoncia a largo plazo.

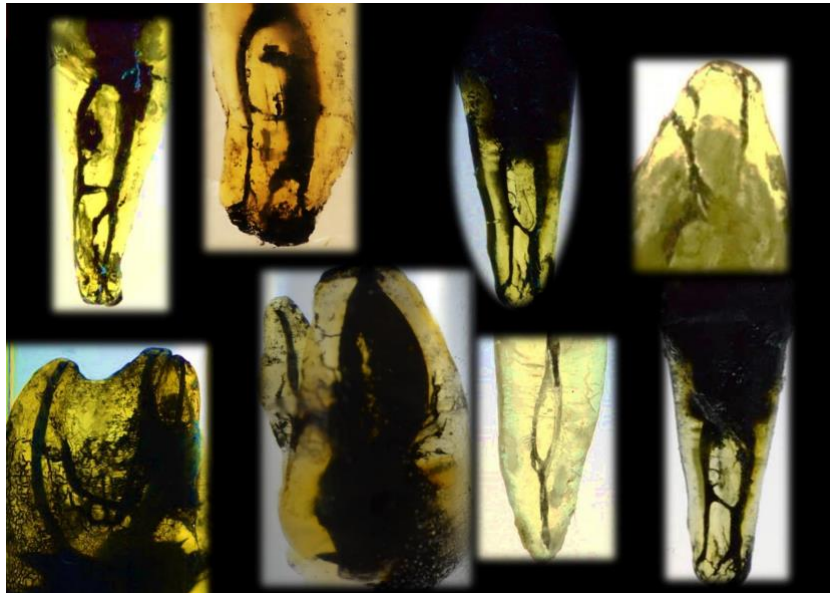


Figura 1. Dientes diafanizados. ²



La identificación de la morfología radicular no solo es relevante para la instrumentación, sino también para la irrigación y obturación del sistema de conductos. Un conducto con múltiples ramificaciones o con una forma ovalada puede dificultar la eliminación de tejido pulpar necrótico y restos dentinarios durante la limpieza. De igual manera, las soluciones irrigadoras pueden no alcanzar todas las áreas del conducto si no se utilizan técnicas de activación adecuadas. En estos casos, la instrumentación rotatoria con sistemas de Níquel Titanio (NiTi) ha demostrado ser una alternativa eficaz, ya que permite una mejor adaptación a las curvas radiculares y minimiza el riesgo de errores iatrogénicos. Sin embargo, incluso con la tecnología más avanzada, si el operador no comprende la anatomía radicular y sus implicaciones clínicas, pueden producirse accidentes como perforaciones o transporte del conducto, lo que pone en riesgo la estructura dentaria y la funcionalidad del diente tratado ³.

El estudio de la morfología de los conductos radiculares ha llevado al desarrollo de diversas clasificaciones anatómicas. Una de las más utilizadas es la propuesta por Vertucci, que describe ocho configuraciones principales de los conductos radiculares, basadas en su número y disposición (Figura 2).

Esta clasificación es especialmente útil en la predicción de la complejidad de la instrumentación, ya que permite anticipar dificultades y seleccionar estrategias adecuadas para cada caso. Por ejemplo, en dientes con conductos en forma de "C", comúnmente encontrados en segundos molares inferiores, se requiere una instrumentación más conservadora para evitar el adelgazamiento excesivo de las paredes radiculares. Del mismo modo, en premolares con conductos curvos y estrechos, es fundamental seleccionar instrumentos con mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica para evitar fracturas instrumentales durante la preparación del conducto ⁴.

Dado que la anatomía de los conductos radiculares varía mucho de un diente a otro, existen distintas clasificaciones anatómicas en función del estudio realizado. La clasificación de Vertucci es especialmente útil en la predicción de cómo se complica la instrumentación. Por ejemplo, cuando se trata de segundos molares inferiores, que frecuentemente tienen los conductos en un acceso en forma de "C", es necesario ser más conservador con los instrumentos para evitar perforaciones la pared radicular. De la misma forma, en premolares con conductos curvos y estrechos es necesario instrumentos que posean mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica para evitar las fracturas en los mismos durante el acceso al conducto. Además, vale recordar que de la anatomía de los conductos no solo depende el tipo de diente, sino que también depende de la genética, la edad y los hábitos. Con la edad, los conductos radiculares pueden sufrir procesos de calcificación progresiva que reduzca su tamaño, en el caso de los jóvenes, los conductos suelen ser mayores y con las paredes más delgadas, que requiere una aproximación más conservadora.



Casa abierta al tiempo

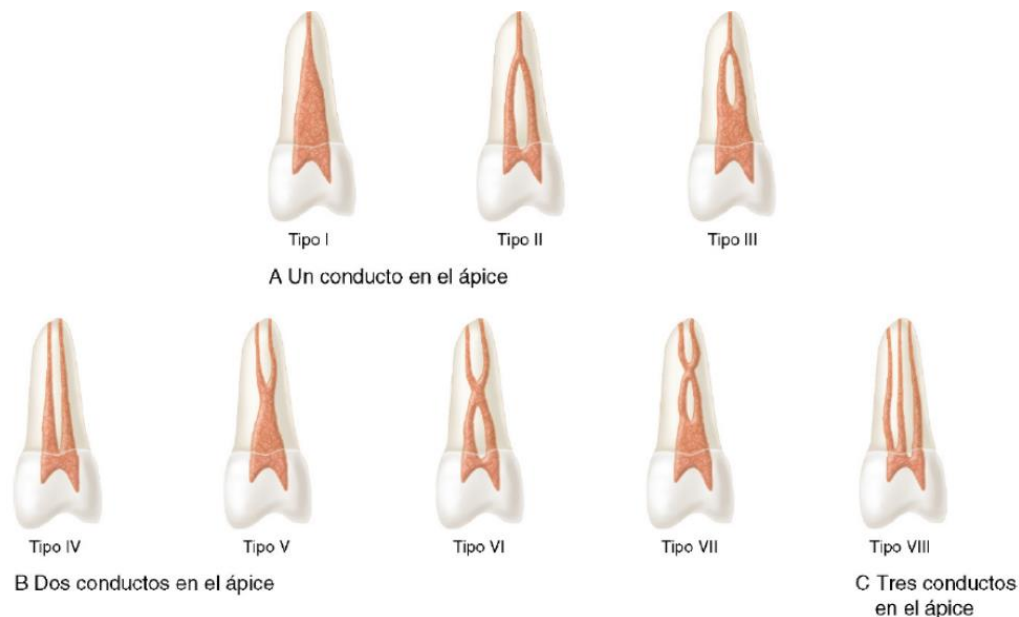


Figura 2. Representación esquemática de las configuraciones de los conductos de Vertucci. ⁵

Por lo tanto, la instrumentación endodóntica debe diseñarse para respetar la anatomía natural del diente, en lugar de alterarla radicalmente. Anteriormente, se utilizaban limas manuales de acero inoxidable para la preparación del conducto radicular, cuya flexibilidad para adaptarse a la curvatura de este era baja, lo que resultaba en una instrumentación agresiva. Actualmente, los sistemas rotatorios de NiTi han transformado la forma de abordar la conformación del conducto radicular, permitiendo técnicas de instrumentación más conservadoras y eficientes. Sin embargo, su uso debe respaldarse con un análisis anatómico previo de la raíz para elegir el protocolo adecuado. Los instrumentos con diferentes conos, como las limas de cono variable, son eficaces en conductos de mayor diámetro, mientras que los sistemas reciprocantes pueden considerarse para conductos curvos con bajo riesgo de fractura.

La morfología del conducto radicular es uno de los factores más importantes en Endodoncia, ya que influye en cada paso del tratamiento. Un mejor conocimiento de la anatomía radicular, así como una instrumentación adecuada, aumentan la tasa de éxito del procedimiento y reducen la tasa de complicaciones postoperatorias. La aplicación de nuevas tecnologías en el diagnóstico y el tratamiento, como la CBCT y los sistemas rotatorios de NiTi, ha revolucionado la forma en que los endodoncistas abordan la complejidad radicular. Sin embargo, ninguna tecnología puede sustituir el conocimiento, y la planificación adecuada del tratamiento, lo que convierte el conocimiento en anatomía endodóntica en una parte crucial de la práctica clínica.



Casa abierta al tiempo

2.1.2. Variaciones anatómicas y su impacto en la instrumentación.

La morfología de los conductos radiculares es altamente variable entre los pacientes y dentro de los diferentes tipos dentarios; esta variación constituye un desafío continuo para el profesional especialista en el área de la Endodoncia. Las diferencias anatómicas pueden ir desde la presencia de conductos rectos y ovalados a otros altamente curvos, calcificados, y con otras ramificaciones extremadamente complejas. Cada una de las alternativas mencionadas anteriormente tienen un impacto directo sobre la instrumentación endodóntica de los conductos radiculares ya que un manejo inadecuado puede afectar negativamente la limpieza, conformación y obturación radicular. En este sentido, la instrumentación rotatoria con sistemas de Níquel Titanio ha disminuido en gran medida las dificultades ocasionadas por estas irregularidades que presentan los conductos radiculares, a causa de una mayor flexibilidad y resistencia en comparación con las limas manuales de acero inoxidable. Sin embargo, la decisión sobre el sistema más adecuado debe ser establecida por una primera evaluación de la anatomía radicular mediante herramientas de diagnóstico avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), para evitar errores en la preparación biomecánica del conducto radicular ⁶.

Los conductos curvos son causa de uno de los principales problemas en la instrumentación endodóntica, ya que son relativamente comunes en los molares superiores e inferiores (Figura 3). La curvatura en un conducto incrementa el riesgo de fractura de una lima; ya que al manipularlas es necesario someterlas a flexión, que se realiza múltiples veces, lo que podría producir fatiga cíclica. Para estos casos, es importante utilizar sistemas con mayor resistencia de fatiga y capacidad de adaptación a la curvatura radicular. Los sistemas rotatorios con tratamiento térmico, tales como Reciproc Blue y Mtwo, son más flexibles que las limas convencionales, lo que reduce la solución de continuidad por menor estrés sobre la misma. Además, la técnica de instrumentación es crucial para evitar la formación de escalones, la transportación del conducto en donde la obturación es comprometida en su capacidad tridimensional y la probabilidad de falla es mayor ⁷.

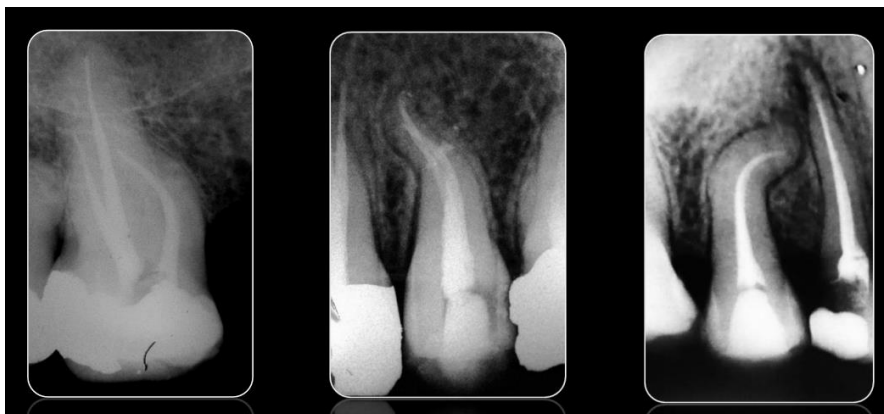


Figura 3. Dientes dilacerados. ²



Otra variable anatómica que produce una variación significativa al momento de la instrumentación es la sección ovalada o irregular del conducto; común en los premolares y molares inferiores. A diferencia de los conductos circulares, los cuales pueden ser instrumentados con mayor facilidad, los conductos ovalados poseen sectores que no son factibles de ser recubiertos con instrumentos rotatorios. La mayoría de los sistemas de instrumentación están diseñados para trabajar conductos de perfil redondeado, dejando un espacio por instrumentar dentro del conducto ovalado o los conductos tipo “C” (Figura 4). Para esto, es posible utilizar combinaciones de técnicas en las que se designa la instrumentación rotatoria y la activación de irrigantes mediante ultrasonido para asegurar una limpieza completa del conducto.

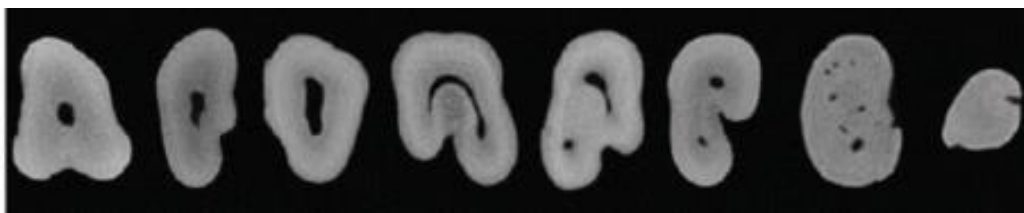


Figura 4. Corte axial de un conducto en forma de C. ⁸

Otros sistemas, como Blue Shaper Pro, Apical Shaper, han sido diseñados con una mayor forma de conicidad para mejor adaptación en estas formas anatómicas y mejor limpieza de tejido necrótico y residual dentinario ⁹.

Los conductos calcificados también representan un desafío importante durante la instrumentación. La disminución del diámetro del conducto dificulta su localización y el tratamiento endodóntico. Estos casos suelen presentarse con mayor frecuencia en pacientes mayores, en quienes los procesos de deposición de dentina secundaria han reducido progresivamente el espacio disponible dentro del conducto. En estos casos, el uso de exploradores endodónticos y limas pequeñas (#06, #08 y #10) es esencial para garantizar la permeabilidad inicial antes de utilizar sistemas rotatorios (Figura 5). Asimismo, se recomienda el uso de agentes quelantes, como el EDTA, para facilitar la remoción de la dentina calcificada y mejorar la penetración de la lima en el conducto. La negligencia en la detección de conductos calcificados puede resultar en una limpieza inadecuada y la persistencia de microorganismos en áreas inaccesibles, lo que aumenta el riesgo de fracaso endodóntico y la necesidad de retratamiento en el futuro.

Las variaciones anatómicas también incluyen conductos con ramas laterales y conductos accesorios, que pueden albergar restos de pulpa o bacterias que no pueden eliminarse únicamente mediante instrumentación mecánica. Estos conductos accesorios se pueden encontrar en diferentes tipos de dientes, siendo los molares y premolares particularmente propensos a estos diversos sistemas de conductos radiculares. Dado que la instrumentación rotatoria convencional no siempre alcanza estas zonas, el tratamiento debe complementarse con técnicas de



Casa abierta al tiempo

irrigación activada. La irrigación con hipoclorito de sodio, combinada con sistemas de irrigación por activación ultrasónica o presión negativa, ha demostrado ser una de las estrategias más eficaces para reducir la carga microbiana en la anatomía dental compleja. Además, el uso de biomateriales selladores biocerámicos puede contribuir a mejorar el éxito de la obturación tridimensional y a disminuir la filtración bacteriana en zonas de difícil acceso en casos de alta complejidad.



Figura 5. Conducto Calcificado. ¹⁰

Las variaciones anatómicas de los conductos radiculares subrayan la necesidad de un enfoque individualizado en la instrumentación endodóntica. Aunque la instrumentación rotatoria con sistemas de NiTi ha permitido optimizar la preparación de los conductos radiculares, su eficacia depende de la selección del sistema correcta según la anatomía presente. El desarrollo de técnicas de diagnóstico por imagen, como la tomografía computarizada de haz cónico, ha facilitado la identificación de variaciones anatómicas y ha permitido el desarrollo de protocolos más precisos para la instrumentación. Sin embargo, la liberalidad de estas variaciones sigue siendo un pilar de la Endodoncia en la era contemporánea, ya que un mal manejo compromete el resultado del tratamiento y aumenta el riesgo de complicaciones.

2.1.3. Técnicas de diagnóstico para la evaluación de la anatomía radicular

La correcta valoración de la anatomía radicular es un requisito esencial para asegurar el tratamiento exitoso de la Endodoncia, ya que es necesaria para asegurar la instrumentación, la irrigación y la obturación del sistema de conductos. Una identificación inapropiada de la morfología radicular puede resultar en un tratamiento ineficaz que no limpia el conducto radicular, lo que resulta en una tasa de éxito del enfoque comprometida debido a restos de tejido pulpar o



Casa abierta al tiempo

microorganismos. Hasta hace poco, no era posible evaluar de manera efectiva la anatomía radicular con radiografías periapicales convencionales. Sin embargo, el desarrollo de nueva tecnología de imagen no permitió el acceso a métodos avanzados en forma de tomografía computarizada de haz cónico y uso de microscopio de Endodoncia, que proporcionó una vista más clara de la anatomía interna del diente y el conducto radicular. La idea de la detección y conductos de diente adicionales, predisposición a la calcificación y variaciones de la anatomía a el mismo tiempo revoluciona la práctica de la Endodoncia moderna ¹¹.

A pesar de que las radiografías periapicales se utilizan comúnmente en la Endodoncia debido a su bajo costo y accesibilidad, también presentan limitaciones inherentes, ya que proporcionan una imagen bidimensional de una estructura tridimensional, lo que puede dar lugar a la superposición de los conductos o la falta de elementos pequeños. Por ejemplo, se utilizan diferentes angulaciones para la radiografía para identificar mejor la presencia de canales radiculares adicionales y evaluar su eje dentro de la raíz. Los endodoncistas pueden cometer errores si los signos radiográficos no se interpretan correctamente para la visualización adecuada y el inventario del número de canales radiculares durante la planificación del tratamiento.

En los últimos años, la tomografía computarizada de haz cónico ha surgido como una de las técnicas de diagnóstico más valiosas en la Endodoncia (Figura 6). A diferencia de las radiografías convencionales, la CBCT proporciona imágenes tridimensionales de alta resolución que facilitan la visualización de la anatomía interna del diente de una manera mucho más precisa. La tecnología resulta particularmente útil en los casos de conductos calcificados, raíces con curvatura pronunciada y dientes con anatomía peculiar, donde la evaluación precisa es difícil y crucial para evitar complicaciones durante la fase de instrumentación, así como también en el caso de lesiones perirradiculares definiendo su tamaño real.



Figura 6. Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT). ¹²



Casa abierta al tiempo

Además, la CBCT permite diagnosticar fracturas radicales, reabsorciones internas y lesiones periapicales en los estadios tempranos de su desarrollo y control a distancia evaluando de forma más precisa el resultado de los tratamientos de conductos o quirúrgicos. Aunque resulta muy beneficioso en muchos casos, el uso de CBCT es justificado para cada paciente en particular, ya que implica una dosis radiactiva sustancialmente más grande en comparación con las radiografías convencionales y, por lo tanto, se practica en línea con la filosofía de radiología responsable ¹³.

El uso del microscopio endodóntico ha representado otro avance significativo en la evaluación de la anatomía radicular, permitiendo la localización de conductos accesorios y la identificación de pequeñas fracturas o perforaciones que podrían pasar desapercibidas con métodos convencionales. Gracias a su capacidad de magnificación y su sistema de iluminación, el microscopio permite una exploración más detallada del interior de la cámara pulpar y del sistema de conductos. Su aplicación es especialmente útil en casos donde la entrada de los conductos es difícil de localizar, como en molares con anatomía compleja o en dientes con obliteraciones pulpares. Además, el uso del microscopio no solo facilita el diagnóstico, sino que también mejora la precisión de los procedimientos endodónticos, reduciendo el riesgo de errores durante la instrumentación y obturación de los conductos radicales.

Otra herramienta complementaria en la evaluación de la anatomía de los canales radicales es el localizador de foramen electrónico, que proporciona una medida de la longitud de trabajo más exacta que las radiografías periapicales (Figura 7). Este dispositivo se basa en la medición de la resistencia eléctrica dentro del canal para identificar la posición exacta del foramen apical sin la necesidad de realizar múltiples exposiciones radiográficas. Su utilización es particularmente beneficiosa en caso de anatomía irregular o variaciones en la posición del foramen apical. Sin embargo, su precisión puede verse alterada por la presencia de irrigantes dentro del canal, por lo que debería ser usado juntamente con otros métodos diagnósticos para garantizar la exactitud de sus mediciones.



Figura 7. Localizador de foramen apical electrónico.



Casa abierta al tiempo

La evaluación de la anatomía de los canales radiculares ha sido optimizada mediante el desarrollo de nuevas tecnologías de diagnóstico por imagen. A pesar de que una radiografía periapical sigue siendo una herramienta fundamental en la práctica de la endodoncia, la tomografía computarizada de haz cónico, el microscopio endodóntico y el localizador de foramen proporcionan ventajas adicionales en términos de detección de variaciones anatómicas y precisión del tratamiento. El uso combinado de estas herramientas genera una planificación más eficiente de los procedimientos de instrumentación y obturación del sistema y un incremento de la tasa de éxito en términos de factores negativos postoperatorios.

A pesar de ello, su uso no debería ser sistemático y debería justificarse de forma individual en cada caso, considerando la exposición a la radiación y la accesibilidad de los equipos de diagnóstico, para garantizar la conciliación adecuada de la procedencia de un diagnóstico con precisión sin comprometer la seguridad para el paciente.

2.2. Generalidades de la Endodoncia.

2.2.1. Principios básicos del tratamiento endodóntico.

El tratamiento endodóntico es un procedimiento único en Odontología, que se desarrolló para erradicar la infección dentro del sistema de conducto radicular y, al mismo tiempo, conservar la función y la estructura del diente afectado. La razón principal detrás de este enfoque es la eliminación del tejido pulpar inflamatorio o necrótico, así como la descontaminación y posterior obturación tridimensional del conducto radicular para evitar cualquier reintroducción de microorganismos. Abarca numerosos principios fundamentales que aseguran el éxito de la terapia, incluido el diagnóstico preciso, el aislamiento del diente, la limpieza y la conformación adecuada del conducto radicular, la irrigación y la obturación adecuadas. Cualquier error en la ejecución de una etapa de este tratamiento puede comprometer la duración de este. A lo largo de los años, la Endodoncia ha evolucionado en términos de nuevas técnicas, rellenos y tecnologías utilizadas, lo que ha mejorado significativamente la predictibilidad y la eficacia clínica ¹⁴.

El primer paso en el tratamiento endodóntico es el diagnóstico correcto, es decir, el examen clínico y radiográfico completo del diente. Para determinar la calidad de la pulpa, cuánto se ha lesionado y si tiene posibilidades de supervivencia o no, en función de la causa específica de la patología pulpar: caries profunda, traumas, lesiones periapicales, también se toma si es posible seleccionar un protocolo de tratamiento adecuado ⁷. En esta etapa se realizan pruebas de sensibilidad pulpar: respuesta a los estímulos del frío, calor, estímulos eléctricos. La radiografía dentoalveolar y, cuando es necesario, la tomografía computarizada de haz cónico, para una mejor visualización de la morfología del sistema de conductos, complicaciones anatómicas; son necesarios exámenes basados en imágenes ¹¹.



Casa abierta al tiempo

Un diagnóstico incorrecto da lugar a la realización de tratamientos no efectivos para gozar de muy buena salud o, peor aún, a la omisión de patologías que terminarán perjudicando el diente de manera irreparable en el corto tiempo.

Una vez establecido el diagnóstico, se lleva a cabo el aislamiento absoluto del diente con dique de goma, lo que es un principio fundamental en la rutina de Endodoncia. Este procedimiento evita la contaminación del conducto radicular con saliva y microorganismos que habitan en la cavidad oral, disminuyendo así la probabilidad de reinfección. De igual forma, reduce la posibilidad de aspiración accidental de instrumental por parte del paciente y crea un campo de trabajo mucho más limpio y controlado para el operador. Se ha confirmado que el aislamiento con dique de goma es una medida que incrementa la tasa de éxito del tratamiento ya que evita la penetración de bacterias al sistema de conductos y permite la irrigación efectiva del mismo. Cuando el aislamiento con dique resulta ser complicado por la destrucción coronaria, el empleo de restauraciones temporales previas puede asegurar la estabilidad del campo.

La limpieza y conformación del sistema de conductos es otra etapa principal del tratamiento endodóntico, e implica la remoción completa del tejido pulpar y la conformación mecánica del conducto para permitir la acción de los irrigantes y la obturación posterior. Instrumentos manuales y rotatorios de Níquel Titanio han mejorado significativamente la eficiencia de esta fase, al permitir una instrumentación más conservativa y predecible. El objetivo de esta etapa es eliminar microorganismos y restos tisulares, pero sin debilitar excesivamente las paredes radiculares. Mantener la anatomía original del conducto es esencial, al igual que evitar los errores de transporte, perforación y formación de escalones. La elección del sistema de instrumentación debe basarse en la morfología radicular y en la competencia del operador ¹⁵.

La irrigación del conducto radicular es un complemento indispensable para la instrumentación, ya que permite la eliminación de residuos dentinarios, residuos pulpares y biopelículas bacterianas que no pueden eliminarse solo con instrumentos. El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado en Endodoncia debido a su capacidad antimicrobiana y su acción disolvente sobre los tejidos orgánicos. El EDTA se utiliza para limpiar la dentina y eliminar el barrillo dentinario formado tras la instrumentación. Además, se ha demostrado que la activación de la irrigación ultrasónica es una estrategia eficaz para mejorar la penetrabilidad de las soluciones en zonas de difícil acceso, como conductos accesorios e irregularidades anatómicas del sistema radicular. La correcta descontaminación del conducto radicular puede garantizarse aunada a una correcta instrumentación y un protocolo de irrigación eficaz.

La obturación tridimensional del sistema de conductos puede considerarse como el paso que asegura al máximo el éxito del tratamiento endodóntico. La finalidad de este procedimiento consiste lograr el sellado lo más hermético posible para evitar la reentrada de microorganismos y fluidos tisulares en el conducto tratado, siendo esta última la mayor fuente de reinfección. El material de elección para la obturación es



Casa abierta al tiempo

la gutapercha en combinación con diferentes cementos selladores, que deberán ser seleccionados de acuerdo con el diagnóstico pulpar y periapical, así como de las condiciones de maduración apical.

El contacto insuficiente entre el material y la dentina radicular puede permitir la filtración de los microorganismos en el conducto e implica la persistencia de infección y el fracaso del tratamiento. Por lo tanto, la calidad del sellado y la adaptación del material a la morfología del conducto se evalúan radiográficamente, y la obturación se realiza de tal manera que cumple con los principios mencionados. Con el cumplimiento de los aspectos mencionados, el tratamiento endodóntico demuestra una alta tasa de éxito y logra conservar la función del diente a largo plazo.

2.2.2. Materiales utilizados en la instrumentación endodóntica.

El tratamiento endodóntico moderno se ha visto fuertemente favorecido por la evolución de los materiales utilizados en la instrumentación del sistema de conductos radiculares. Estos han habilitado no solo una mejor calidad en la atención que el profesional brinda a sus pacientes, sino que además han concedido el acceso a alternativas de tratamiento menos invasivas y conservadoras. La incorporación de nuevas aleaciones, tratamientos térmicos y tecnologías de fabricación ha permitido la creación de instrumentos más seguros, eficaces y duraderos, capaces de adaptarse a la compleja anatomía de los conductos ¹⁴.

Los instrumentos manuales de acero inoxidable (Figura 8) hicieron parte de los procedimientos de instrumentalización de los tratamientos radiculares. Estos tenían limitaciones significativas, sobre todo para los conductos radiculares curvos, donde a su alta rigidez producía alteraciones anatómicas. Aunque tradicionalmente los instrumentos de acero inoxidable fueron los más utilizados debido a su resistencia y disponibilidad ¹⁷. Por otro lado, el NiTi exhibe propiedad de flexibilidad y recuperación mayor lo que disminuye el riesgo de transporte del conducto, escalonamientos y fracturas radiculares. Además, posee propiedades de superelasticidad y memoria de forma, lo que ha revolucionado la preparación biomecánica.

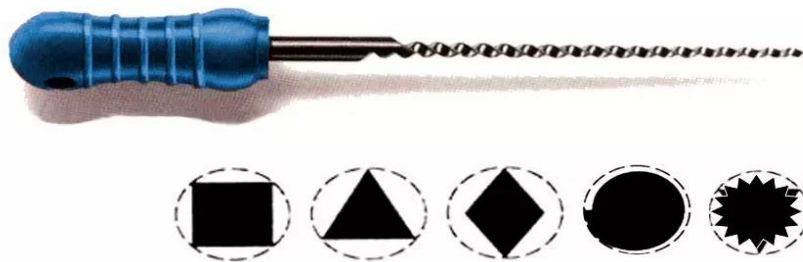


Figura 8. Variantes de sección de construcción ¹⁸



Recientemente, uno de los mayores aportes en la instrumentalización fue la introducción de tratamientos térmicos en las limas de NiTi. La aplicación de tratamientos térmicos modifica la microestructura, promoviendo la fase martensítica, logrando aumentar la flexibilidad y la capacidad de resistencia a la fatiga cíclica. Gracias a estos tratamientos surgieron sistemas que revolucionaron la práctica clínica, los sistemas de fase M-Wire, CM-Wire y Gold-Wire que reducen la frecuencia de fractura de los instrumentos ¹¹.

Los materiales irrigantes son esenciales durante esta fase de instrumentación, ya que permiten la limpieza química del sistema de conductos. Hipoclorito de sodio (NaOCl) es el agente más utilizado, por permitir la desinfección total del sistema, cuantioso agente antibacteriano sólido y poder desinfectante para disolver tejido orgánico, así también la irrigación final activada de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), remueve el barrillo dentinario y abre miles de túbulos dentinarios ¹⁵.

Adicionalmente, el irrigante cumple una función fundamental al facilitar la introducción y movimiento de los instrumentos dentro del conducto, reduciendo el riesgo de fractura por torsión, en conjunto, aumentan la eficacia y reduce las complicaciones clínicas, cumpliendo con el objetivo óptimo del tratamiento de conductos.

La selección de estos materiales implica la complejidad anatómica del caso planteado, la experiencia del operador, y los materiales con que está acostumbrado a trabajar. La investigación y el desarrollo constante de los productos permiten inferir que en el futuro pueden aparecer nuevos materiales que se adapten aún más a las necesidades y exigencias actuales.

2.2.3. Consideraciones en la selección del sistema de irrigación en Endodoncia.

El éxito del tratamiento endodóntico está íntimamente relacionado con la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, lo que convierte la irrigación en un proceso esencial en cada procedimiento. La simple instrumentación mecánica es incapaz de eliminar por completo las partes remanentes de restos pulpaes, barrillo dentinario y bacterias que se mantienen en los túbulos dentinarios o en conductos accesorios de difícil acceso.

Por lo tanto, la elección del irrigante apropiado es de vital importancia para permitir la descontaminación del conducto y disminuir el riesgo de fracaso del tratamiento. Existen varios tipos de soluciones irrigantes, y todas ellas poseen diferentes propiedades específicas, lo cual condiciona la elección del agente a usar según la condición clínica del diente, el tiempo de procedimiento y la necesidad de combinar agentes con efectos sinérgicos para maximizar su actividad antimicrobiana y de limpieza ¹⁵.



Casa abierta al tiempo

El hipoclorito de sodio es una de las soluciones más utilizadas en Endodoncia debido a su efecto antimicrobiano y su acción disolvente sobre los tejidos orgánicos. El compuesto actúa en la liberación de cloro activo, lo que impide el funcionamiento normal de las bacterias mórbidas y posibilita la extracción del tejido muerto. Sin embargo, el compuesto limita su uso, ya que la concentración influye en la seguridad y eficacia del desinfectante. Las concentraciones que oscilan entre 2.5 y 5.25% pueden destruir efectivamente la mayoría de los microorganismos, pero su uso accidental puede provocar daños en los tejidos periapicales. Por lo tanto, se utilizan técnicas seguras de irrigación para evitar los accidentes. A veces, el hipoclorito se apoya en surfactantes que permiten que el compuesto entre en conductos accesorios.

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), es un agente quelante utilizado principalmente para remover la capa de barrillo dentinario. Esta capa, conocida como capa de detritos o dentina, comprende virutas de dentina y tejidos necróticos creados durante la instrumentación, que, si no se eliminan, pueden impedir la penetración del sellador y la obturación tridimensional del conducto radicular. El EDTA actúa como un agente secuestrante de iones metálicos, con lo que se provoca el desprendimiento de la biopelícula adherida promoviendo una unión más directa del sellador. Debe aplicarse por último en una concentración del 17%.

La secuencia ideal implica el uso de EDTA después de NaOCl para un desbridamiento efectivo del sistema de conductos radiculares, neutralizando el hipoclorito con una irrigación abundante de solución fisiológica, el EDTA también deberá ser activado con ultrasonido en tres sesiones de 20" cada una, asegurando la eliminación de detritos sin comprometer la estructura dental ¹⁶. (Figura 9)

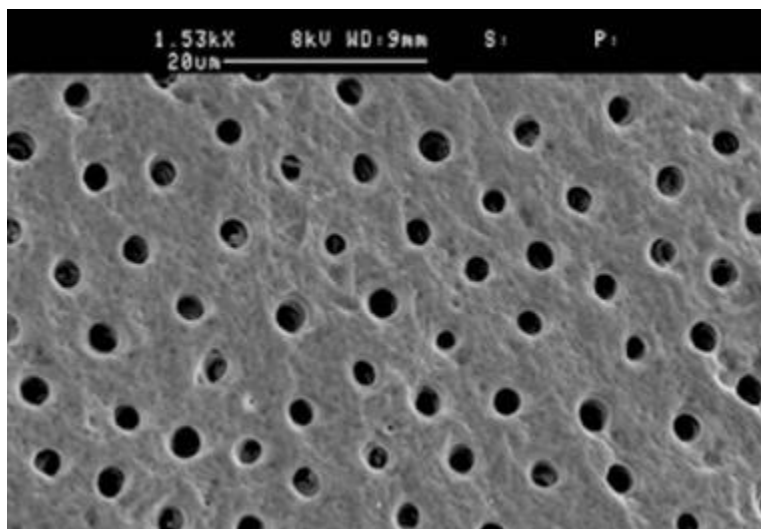


Figura 9. Pared del conducto después de la eliminación de la capa de barrillo con NaOCl y un enjuague final con EDTA. ¹⁵



El uso de irrigantes alternativos ha cobrado relevancia en los últimos años con la adición de sustancias como la clorhexidina al 2% y el ácido cítrico. La clorhexidina es un antiséptico rápido y de amplio espectro, con eficacia comprobada contra bacterias resistentes, como *Enterococcus faecalis*, un patógeno común en casos de fallos endodónticos. A pesar de ser ineficaz para degradar tejido orgánico y ser superado por el hipoclorito, presenta un efecto residual prolongado, lo que garantiza un control antimicrobiano más prolongado dentro del conducto. La combinación con hipoclorito de sodio produce un precipitado insoluble de sal de sodio, lo que limita su uso en un solo procedimiento. El ácido cítrico se ha investigado como alternativa al EDTA para la eliminación del barrillo dentinario y ha presentado una eficacia similar con menor influencia en la micro dureza dentinaria, lo que lo convierte en una opción adecuada en tratamientos enfocados en mantener la resistencia estructural del diente tratado ¹⁷.

Además de la selección de sustancias químicas como el irrigante, el método de activación de este también debe considerarse para optimizar su penetración y eficacia. Se ha realizado una amplia investigación sobre técnicas de irrigación pasiva de jeringas y agujas, pero estas técnicas tienen limitaciones para eliminar los residuos de los conductos laterales y áreas del conducto inaccesibles. La activación ultrasónica y sónica ha demostrado ser efectivas al aumentar la cantidad del irrigante y su penetración en todo el conducto radicular.

Entre todas, la activación ultrasónica de irrigantes es una de las estrategias más efectivas probadas para mejorar la acción del NaOCl. Además, al usar irrigador apical de presión negativa, el método de irrigación se mejoró en términos de seguridad al aumentar el control del flujo del irrigante de apical a coronal, por lo tanto, el riesgo de extrusión disminuyó, y mejoró la efectividad del irrigante en términos de limpieza del conducto ¹⁹.

La selección de un proceso de irrigación en Endodoncia debe basarse en un enfoque integral que combine irrigantes complementarios y un efecto agregado de métodos de activación. Aunque el hipoclorito de sodio continúa siendo un agente líder debido a su capacidad antimicrobiana y de disolución, se requiere su complementariedad con agentes como el EDTA para asegurar la eliminación completa de los residuos del barrillo dentinario. Adicionalmente, alternativas como la clorhexidina y el ácido cítrico pueden recomendarse para un uso selectivo, especialmente en presencia de la necesidad de efectos antimicrobianos superiores o del grado mínimo de alteración de la microdureza de la dentina. La activación ultrasónica y la irrigación por presión negativa han mejorado significativamente la capacidad de los irrigantes para penetrar en el sistema de raíces, asegurando el nivel más alto de desinfección en áreas de acceso limitado. Por lo tanto, una combinación adecuada de estos factores asegura el éxito del tratamiento endodóntico, disminuyendo el riesgo de persistencia bacteriana y aumentando las tasas a largo plazo de éxito del procedimiento.



Casa abierta al tiempo

Otro medio eficiente es la activación del irrigante con láser, la cual es una técnica avanzada que mejora la eficacia del irrigante mediante energía lumínica.

Los tipos más usados en endodoncia son:

- Láser de Er: YAG (Erbio: Yttrium-Aluminum-Garnet)
- Láser de Nd: YAG (Neodimio)
- Láseres diodo

Cuando el láser se aplica en el conducto con el irrigante presente, genera un efecto llamado cavitación fotoacústica o fotomecánica, creando microburbujas que colapsan rápidamente. Esto produce ondas de choque que: Agitan el irrigante, permiten que penetre en áreas inaccesibles, desorganizan biofilms bacterianos y aumentan la eliminación del barrillo dentinario.

Este proceso se conoce como PIPS (Photon-Induced Photoacoustic Streaming) o SWEEPS (Figura 10), cuando se trata de una técnica más avanzada del láser Er: YAG.

Esta técnica nos permite tener mayor desinfección de áreas laterales del sistema de conductos, eliminación más efectiva del barrillo dentinario y detritos, conservar mejor la estructura dentaria y es compatible con NaOCl, EDTA y clorhexidina (según técnica)²⁰⁻²³.

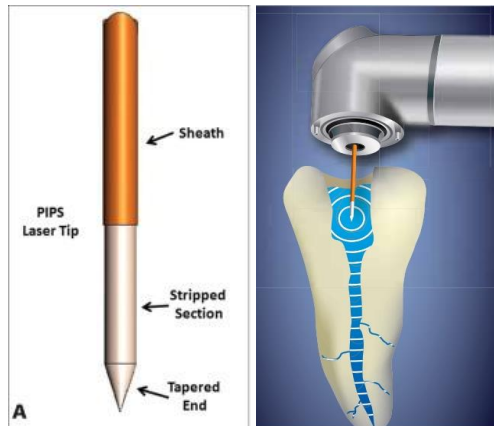


Figura 10. Transmisión fotoacústica inducida por fotones (PIPS).²⁴

2.3. Evolución del Níquel Titanio en la Endodoncia.

2.3.1. Desarrollo y primeras generaciones de instrumentos de NiTi

La introducción del Níquel Titanio en la Endodoncia marca un antes y un después en la forma en que se llevaría a cabo la instrumentación de los conductos radiculares. Hasta entonces la opción para limpiar y conformar los conductos radiculares radicaba en limas manuales de acero inoxidable. A pesar de su efectividad, las limas de acero inoxidable estaban lejos de ser el instrumento ideal, especialmente en dientes multirradiculares con condiciones anatómicas



Casa abierta al tiempo

desfavorables, ya que la falta de flexibilidad hacía que con frecuencia se produjeran escalones, perforaciones o transportaciones en el conducto radicular representando un riesgo en el pronóstico del tratamiento (Figura11). Frente a estas situaciones emergió la necesidad de buscar un material que brindara mayor flexibilidad y resistencia y fue a mediados de los años 90 que se presentaron los primeros instrumentos de Níquel Titanio en Endodoncia.

La introducción de los sistemas de Níquel Titanio permitió la realización de la instrumentación mecánica con mayor seguridad y eficacia, en comparación con las limas tradicionales ²⁵.

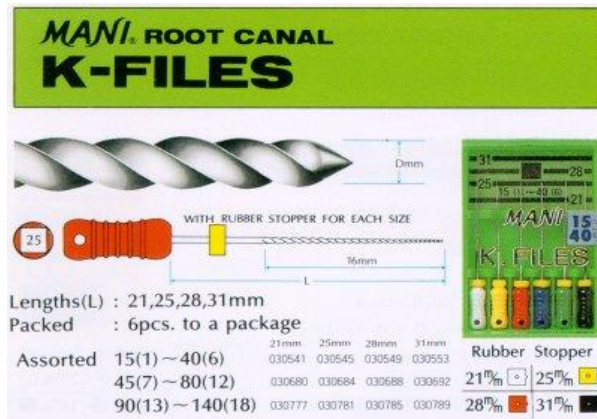


Figura 11. Limas de acero inoxidable K- Files. ²⁶

Los primeros instrumentos de NiTi se diseñaron para ser utilizados manualmente, siguiendo el mismo principio que las limas de acero inoxidable, pero con la ventaja de una mayor flexibilidad. Estas limas de NiTi presentaban una aleación con una composición de 56% de níquel y 44% de titanio, lo que resultaba en una estructura superelástica y memoria de forma. A pesar de que mecánicamente estas limas superaban a las de acero inoxidable, su uso manual no permitía completar las propiedades del material, ya que la instrumentación seguía siendo dependiente de la fuerza y la técnica del operador. Con el tiempo, se reconoció el potencial del NiTi en los sistemas rotatorios, lo que llevó a los primeros sistemas mecanizados. Esta transición fue crucial, ya que permitió la estandarización de la instrumentación, la disminución del tiempo de trabajo y la reducción de la tensión en las paredes del conducto, lo que favorecía un enfoque más conservador de la preparación radicular²⁷.

Con la introducción de los primeros sistemas rotatorios NiTi, surgieron varios diseños, dichos instrumentos representaron generaciones de una era, primero mientras usaban limas de conicidad fija y generalmente diseño de hilo, que sigue siendo similar a las limas manuales tradicionales.



Casa abierta al tiempo

Un sistema ampliamente aceptado durante décadas ha sido ProTaper Universal desarrollado en la década de 1990.

Es la idea de las limas de prueba de que la conicidad de la lima debe variar durante la secuencia, lo que facilita la conformación del conducto como ProTaper. Otros sistemas, como GT Rotary Files y Profile, contribuyeron a la introducción de la rotación y se obtiene una mayor dirección independiente mientras se prepara el conducto. En general, la primera generación de instrumentos rotatorios NiTi se caracterizó por un alto nivel de riesgo de fractura debido a la fatiga cíclica y acumulación de tensión en las áreas de mayor curvatura. De hecho, la fractura eventualmente se convirtió en el principal problema que impulsa el desarrollo de diferentes modificaciones en el material NiTi y el diseño de limas para mejorar su resistencia y vida útil ²⁸.

Por otro lado, uno de los principales problemas iniciales con los sistemas rotatorios de NiTi fue la incapacidad de controlar la torsión y el torque aplicados al instrumento. En muchos casos, los odontólogos no podían sentir el nivel de tensión aplicado sobre la lima hasta que esta se fracturaba dentro del conducto. En respuesta a esta limitación se desarrollaron los motores con control de la cantidad de torque, que detienen la rotación del instrumento al momento de encontrar mayor resistencia a la establecida. Esta innovación fue esencial para mejorar la seguridad del procedimiento y disminuir la frecuencia con la cual se rompen los instrumentos. Al mismo tiempo, el tratamiento térmico actualizó algunas propiedades mecánicas de las limas, permitiendo el desarrollo de la siguiente generación de sistemas con mayor resistencia a la fatiga cíclica y adaptabilidad al conducto.

Otro aspecto significativo de la evolución de los instrumentos de NiTi ha sido la introducción de los sistemas con movimiento recíprocante. Los sistemas rotatorios iniciales tenían movimientos continuos en sentido horario, lo que causaba una acumulación de fatiga en el instrumento y, de esa manera, aumentaba la probabilidad de su fractura. Al alternar con movimiento en sentido antihorario, el instrumento acumula menos fatiga y tiene una vida más larga. Este enfoque ha sido más extendido con sistemas como Reciproc y WaveOne y Excalibur han demostrado su efectividad en el trabajo con conductos curvados y retratamientos debido a la necesidad de instrumentos con mayor resistencia.

La introducción de los instrumentos de NiTi ha cambiado radicalmente la forma de realizar la instrumentación de los conductos radiculares. Desde su aparición inicial en forma de instrumentos manuales hasta los sistemas más modernos con tratamiento térmico y movimiento recíprocante, estos instrumentos han evolucionado y permiten realizar tratamiento endodóntico con mayor seguridad y eficiencia.



Casa abierta al tiempo

Sin embargo, la investigación en este campo no se detiene; ya que sigue siendo necesario desarrollar nuevas aleaciones y tecnologías que mejoren aún más la resistencia y las propiedades flexibles de las limas NiTi. En la actualidad, la Endodoncia moderna no puede prescindir de los sistemas NiTi y ha mejorado la calidad de la instrumentación, lo que hace posible realizar este tipo de tratamiento de manera más conservadora y predecible en términos de volumen de tejido dental preservado.

2.3.2. Introducción de tratamientos térmicos en la fabricación de instrumentos NiTi.

La instrumentación endodóntica ha avanzado enormemente con la llegada de la evolución tecnológica. La aplicación de tratamientos térmicos al Níquel-Titanio es uno de los hitos más importantes. Esta aleación, en primer lugar, revolucionó la Endodoncia por su increíble superelasticidad y su memoria de forma, brindó la oportunidad de perfeccionar sus propiedades clínicas, sometiéndola a ciclos de calor controlados durante su fabricación (Figura 12). Como resultado, el instrumento se volvió más flexible, más resistente y fuerte durante la deformación por el factor de velocidad y es exactamente lo que se necesita para los canales en S.

La preparación del conducto siguiendo su trayecto natural promueve una mayor estabilidad del diente, lo que se traduce en una mejor resistencia mecánica de las raíces y una menor incidencia de fracturas radiculares. Este tipo de terminación también reduce el riesgo iatrogenias, gracias a la alta confiabilidad que ofrecen los instrumentos de aleaciones NiTi. Asimismo, permite un mejor acceso del irrigante y facilita la técnica de obturación.

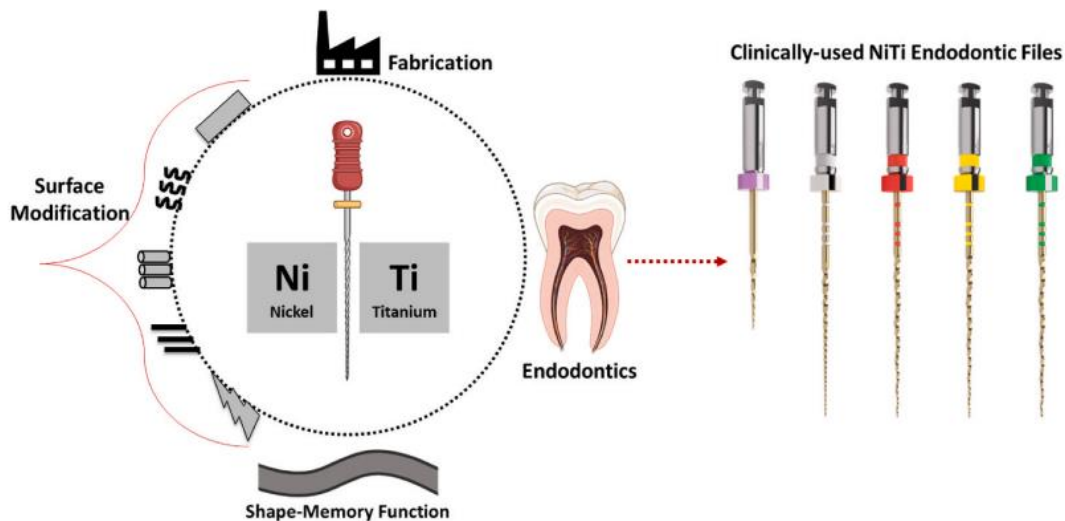


Figura 12. Representación esquemática de la lima endodóntica de aleación de NiTi (Nitinol), incluyendo su fabricación, memoria de forma y modificación superficial avanzada.



Casa abierta al tiempo

El cambio estructural promovido por los tratamientos térmicos genera una mayor prevalencia de la fase martensítica a temperatura ambiente, lo que da lugar a instrumentos con una flexibilidad superior y capacidad de deformarse temporalmente sin comprometer su funcionalidad. Esta transformación en la estructura metálica permite una instrumentación más segura, reduciendo los riesgos de transporte, escalonamiento y perforación del conducto. De igual forma, disminuye el estrés sobre las paredes radiculares, lo que favorece una preparación más conservadora. En comparación con los instrumentos NiTi convencionales, las limas con aplicación de tratamientos térmicos tienen mejores características clínicas, ya que el operador puede percibir mejor el trayecto del conducto y ejercer una presión controlada con menor esfuerzo. Estas características hacen que el procedimiento sea más predecible, sobre todo en dientes con anatomías radiculares comprometidas ²⁷.

Los tratamientos térmicos más conocidos utilizados son M-Wire, CM-Wire y Gold-Wire. Cada uno de los tipos mencionados fue desarrollado para responder a ciertas necesidades clínicas. M-Wire fue uno de los primeros en introducirse en el mercado, aunque seguía siendo rígido. La resistencia a la fatiga mejoró considerablemente. La principal diferencia radica en la memoria de forma de la lima que recupera la posición original. Por otro lado, CM-Wire se destaca por su flexibilidad extrema y la posibilidad de adquirir una forma adaptativa al canal del conducto principal que reduce significativamente el riesgo de fractura. Gold-Wire proporciona fuerza y excelentes sensaciones táctiles para el operador. Estas soluciones dieron origen a sistemas como ProTaper Gold, Reciproc Blue, HyFlex CM, Vortex Blue, que han sido y continúan siendo la referencia moderna para la Endodoncia debido a su rendimiento clínico y confiabilidad ²⁸.

Otra gran ventaja es la capacidad del tratamiento térmico de otorgar a los instrumentos una “memoria”. Muchos instrumentos de Endodoncia están diseñados con secciones transversales eficientes, con longitudes y geometrías de corte variables y una reducción significativa en la conicidad de los instrumentos, lo que significa que menos dentina sana se retira de la raíz y el tratamiento es cada vez más conservador. Estas características son, por supuesto valiosas, en el caso de canales radiculares calcificados o con morfología irregular.

Además, los tratamientos térmicos dados a los instrumentos han mostrado una sinergia efectiva con los motores de movimiento reciprocante. Al alterar la rotación de izquierda a derecha, se reduce la fatiga de la lima, aumentando la longevidad del instrumento. Este movimiento también facilita que el instrumento se introduzca en conductos o vías difíciles sin la necesidad de acompañarlo con presión sostenida. Combinado con las tecnologías de control del torque y la velocidad, se reducen aún más los errores operatorios y se consigue obtener una mayor precisión en términos de eliminación de detritus dentario. Los beneficios de los últimos sistemas se han demostrado exhaustivamente con Reciproc y WaveOne Gold, y han evidenciado una mayor eficiencia y gran seguridad clínica, incluso en procedimientos de retratamiento o casos altamente complejos ²⁹⁻³¹.



Hoy en día, la mayoría de las casas comerciales que desarrollan sistemas de instrumentación endodóntica incluyen una o más versiones en su catálogo de productos. La amplia adopción de esta herramienta demuestra no solo su efectividad, sino también su aceptación y confianza en la comunidad odontológica. Sin embargo, la investigación continúa sobre este tema, y existen nuevas generaciones de aleaciones en desarrollo que buscarán maximizar la esencia de estos sistemas: relación entre flexibilidad, resistencia, eficacia de corte y control operatorio. Desde ya, estas innovaciones impulsarán aún más la mejora de estándares en la práctica endodóntica, que seguirá siendo cada vez menos invasiva, confiable y predecible. La nueva era de la instrumentación involucra la mejora continua de los materiales junto con tecnologías inteligentes de asistencia clínica.

2.3.3. Innovaciones recientes en el diseño de instrumentos de NiTi.

En la última década, los avances en la manufactura de instrumentos de Níquel-Titanio han revolucionado la Endodoncia moderna, brindando herramientas con mayor resistencia a la fractura, flexibilidad optimizada y mejor capacidad de conformación de los conductos radiculares. La instrumentación endodóntica ha ido en constante evolución, desde el uso de limas manuales de acero inoxidable hasta sistemas mecanizados de NiTi que han sido perfeccionados gracias al desarrollo y perfección en su diseño geométrico, tratamientos térmicos y estrategias de instrumentación. Estos avances han permitido abordar con mayor seguridad y precisión los desafíos que presenta la anatomía radicular compleja, con lo cual se han minimizado los errores iatrogénicos y mejorado el pronóstico del tratamiento ³².

Entre los avances destacare sobre todo las modificaciones en la geometría de los instrumentos de NiTi, que buscan mejorar sus capacidades de corte y reducir el estrés mecánico que este genera durante su empleo. Para lograrlo, se han diseñado limas con secciones transversales novedosas, como la sección transversal en doble hélice “S”, que reducen la cantidad de contactos con las paredes del conducto, disminuye la fricción y facilita la retirada de los detritos (Figura 13). Así mismo, se introdujeron los instrumentos rotatorios con movimiento de giro con ángulos de hélice variables que mejoran la eficiencia en la retirada de los tejidos necróticos y del barrillo dentinario, reduciendo al mismo tiempo las tensiones a las que se expone la estructura radicular.

Este tipo de modificaciones resulta especialmente útil en los conductos fuertemente curvados o con una anatomía dental irregular, donde las técnicas de preparación tradicionales exponen un mayor riesgo de transporte del conducto o adelgazamiento de las paredes ³³.



Casa abierta al tiempo

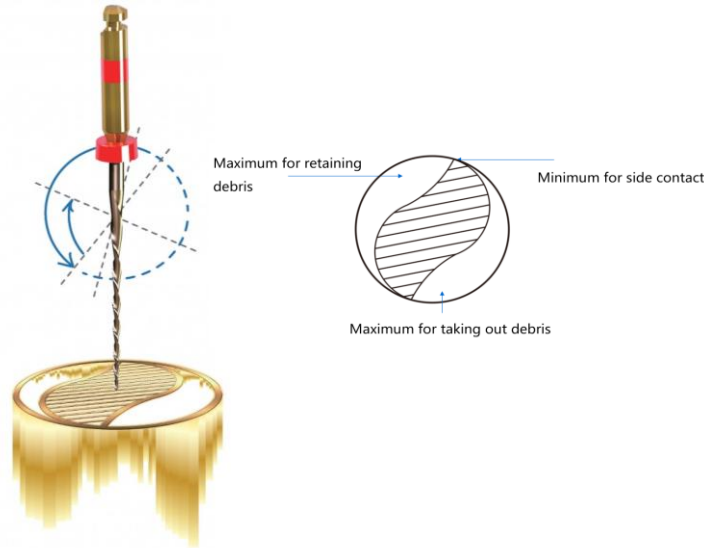


Figura 13. Representación esquemática de la lima endodóntica de aleación de NiTi (Nitinol), con sección transversal en “S”.

Otra innovación significativa en el diseño de los instrumentos de NiTi ha sido la implementación de movimientos reciprocos, que disminuyen el riesgo de fractura de los instrumentos, mejoran la adaptabilidad de los conductos radiculares con trayectorias curvas o anguladas. A diferencia del movimiento de rotación continuo, donde el instrumento gira en la misma dirección, el movimiento reciproco alterna entre giros en sentido horario y antihorario, lo que reduce el estrés acumulado en la lima y aumenta su vida útil. Este sistema se ha aplicado en varios instrumentos de NiTi, como Reciproc Blue y WaveOne Gold, y ha probado una disminución significativa en la resistencia a la fatiga cíclica y la seguridad de la instrumentación en conductos altamente anatómicos. Además, los sistemas reciprocos han probado ser una alternativa eficaz en retratamiento clínico, donde la eliminación de material de obturación anterior puede ser un desafío ³⁴.

Los distintos tratamientos térmicos a los que han sido sometidos los instrumentos de NiTi también han marcado un hito en su historia. Mediante tratamientos térmicos controlados, se han logrado elaborar aleaciones con mayor estabilidad estructural, las cuales han permitido la creación de instrumentos más flexibles y menos propensos a la fractura. Algunos ejemplos de dichas aleaciones son las CM-Wire y las Blue-Wire, las que llevan al instrumento a mantener una mayor proporción de la fase martensítica durante su uso clínico. Dicha propiedad no solo los hace más adaptables a la curvatura del conducto, sino que además reduce la tendencia de la lima a recuperar su forma original, permitiendo así una instrumentación menos invasiva y más conservadora ³⁶. Este paso ha sido particularmente relevante en situaciones donde se requiere de una alta flexibilidad para el acceso a conductos



Casa abierta al tiempo

con curvas muy cerradas, distanciadas entre sí, en distintos planos y distintos ángulos, situaciones que requerían anteriormente de una gran invasión.

Aparte de los procedimientos de la geometría y el movimiento de los instrumentos, la introducción de recubrimientos superficiales avanzados permitió alcanzar más resistencia a la fatiga y menos adherencia de los detritos dentinarios en las espiras de la lima. Muchos fabricantes están utilizando las tecnologías de recubrimientos de nitruro de titanio y zirconio, que, debido a su superficie más lisa y a una mayor resistencia al desgaste, también disminuye la acumulación de detritos y mejora la durabilidad de los instrumentos. Como resultado, los instrumentos se utilizan de forma más eficiente y hay menos riesgo de bloqueo dentro del conducto radicular, lo que permite obturaciones tridimensionales y mejoró la calidad del sellado del sistema del conducto.

Los recientes cambios en los diseños de los instrumentos de NiTi han revolucionado la instrumentación endodóntica. Los instrumentos más seguros, resistentes y eficientes permiten un manejo más efectivo de los casos difíciles y minimizan las complicaciones y aumentan la predicción del tratamiento. Con el progreso de la investigación en materiales de instrumentos y tecnología, los futuros modelos de instrumentos de NiTi tendrán aún mejor flexibilidad, resistencia y serán más adaptables a la anatomía del conducto radicular, lo que consolidará su posición en la Endodoncia moderna.

2.4. Nitinol y sus aplicaciones en Endodoncia.

2.4.1. Propiedades mecánicas del Nitinol en la instrumentación endodóntica.

Una de las aleaciones más importantes utilizadas en la instrumentación endodóntica es el Nitinol. Esta aleación, formada por níquel en un 55% y titanio en un 45%, ha revolucionado la forma de trabajar los conductos radiculares mediante la combinación única de múltiples propiedades, como la memoria de forma, la superelasticidad y la resistencia a la fatiga cíclica. Antes de la invención de los instrumentos de NiTi, la instrumentación endodóntica se había realizado utilizando limas de acero inoxidable, un material que no es tan flexible y por tanto tiende a fracturarse, especialmente en conductos radiculares curvos. Sin embargo, con la introducción de los instrumentos de NiTi, los tratamientos conservadores y predecibles se volvieron posibles. La aparición de este material habilitó la posibilidad de realizar tratamientos más predecibles, conservadores y seguros para los pacientes. El Nitinol, dado sus características mecánicas, permite la instrumentación de los conductos con escasas deformaciones, lo que reduce el riesgo de perforaciones, transporte de conductos y fracturas instrumentales ³⁵.



Casa abierta al tiempo

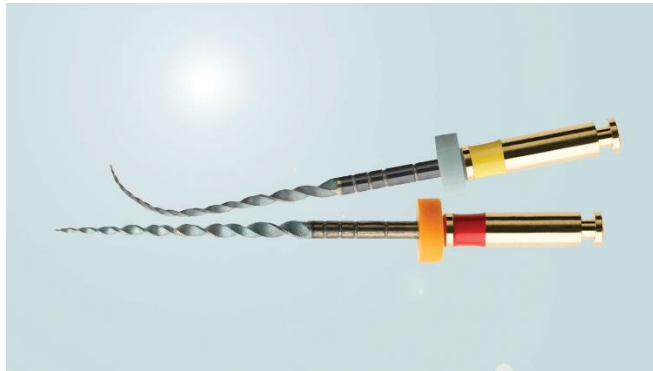


Figura 14. Representación esquemática de la lima endodóntica de aleación de NiTi (Nitinol), incluyendo su fabricación, memoria de forma y modificación superficial avanzada. ³⁷

La memoria de forma es otra propiedad distintiva del Nitinol, que se deriva de la capacidad del metal para cambiar entre las fases cristalinas que adopta a diferentes temperaturas. En general, el Nitinol puede existir en una de dos fases principales: austenita y martensita. La fase austenítica es más dura y resistente, mientras que la martensita es más flexible y deformable. Durante la instrumentación de los conductos, los instrumentos de NiTi se deforman mecánicamente cuando se introducen en los conductos radiculares; sin embargo, con su memoria de forma, pueden restaurar su forma si se elimina la fuerza que los deforma. Esta propiedad es especialmente útil en la instrumentación rotatoria, ya que permite que los instrumentos establezcan contacto con la anatomía del conducto sin degradación en la eficacia del corte ni la estabilidad dimensional.

Otra característica fundamental de Nitinol es su superelasticidad, lo que significa que puede sufrir grandes deformaciones sin daño permanente. Otros materiales pueden romperse después de un estiramiento repetido, mientras que los instrumentos de NiTi se pueden doblar y volver a su forma sin dañar la integridad de la estructura del instrumento. Esta propiedad se logra gracias a la transformación de fases bajo carga mecánica entre austenita y martensita. En la práctica, esto permite que los instrumentos de NiTi se deslicen por conductos radiculares tortuosos sin dañar las paredes ni experimentar un estrés excesivo para las estructuras óseas. Además, ayuda a reducir las incidencias de desplazamientos e incautaciones, optimizando así la limpieza y conformación del conducto. Uno de los problemas claves de la primera generación de instrumentos NiTi es su resistencia a la fatiga cíclica ²⁹.

La fatiga cíclica es un fenómeno que ocurre cuando un material se dobla repetidamente, resultando eventualmente en fracturas inesperadas. Tratamientos térmicos avanzados para alterar la estructura de Nitinol para una mejor resistencia a la fatiga ha mejorado el número de ciclos de uso de los instrumentos modernos sin obstaculizar el rendimiento. Los tratamientos que han conducido a la creación de sistemas más duraderos son las aleaciones M-Wire,



Casa abierta al tiempo

CM-Wire y Blue-Wire, que confiere una mayor resistencia a la fractura. La aplicación de tratamientos térmicos también ha permitido la creación de limas de diferente flexibilidad para indicaciones clínicas específicas ³⁵.

Además de la flexibilidad y la tenacidad, el Nitinol exhibe biocompatibilidad y resistencia a la corrosión excepcionales, lo que hace que el material sea adecuado para la Endodoncia. A diferencia del acero inoxidable, que se corroerá a lo largo del tiempo después de que el instrumento interactúe con los irrigadores, incluido el hipoclorito de sodio, el NiTi mantiene su integridad estructural después de múltiples usos. Esto está determinado por una capa de óxido de titanio en la superficie del instrumento que actúa como parte protectora en términos de corrosión y reduce la lixiviación del ion metal en el medio biológico. Esta última característica es crítica en Endodoncia, ya que el instrumento interactuará con los tejidos del diente y los fluidos biológicos, algo que garantizará la seguridad del paciente durante el procedimiento²⁹.

Las propiedades mecánicas del material han revolucionado la rama de la Endodoncia, proporcionando herramientas sinérgicas e impresas para la conformación del conducto radicular. La memoria de forma, la elasticidad y la resistencia a la fatiga cíclica permiten que las herramientas de NiTi superen las limitaciones de los materiales manuales de acero inoxidable, lo que da resultados clínicos más precisos y previsibles. Con la continuación de la investigación sobre la producción de materiales, es muy probable que aparezcan nuevas generaciones de materiales de NiTi, que mejorarán las propiedades aún más.

2.4.2. Diferencias estructurales entre instrumentos en fase R y fase M.

Esto ha llevado a la invención de aleaciones con características termoinducidas, como la denominada fase R y martensítica, que presentan estructuras cristalinas diferentes y, por ende, un comportamiento mecánico diferente en clínica. El Nitinol, aleación de titanio y níquel en proporciones aproximadas cercanas al 55% y 45%, respectivamente, es capaz de cambiar entre diferentes fases según la temperatura, la carga y el tratamiento térmico que reciba durante su manufactura. La fase R, la cual se ubica entre la fase austenítica y la martensita, proporciona una elasticidad mucho más estable, perfilando una respuesta traumática más paciente y controlada por parte del operador en conductos de curvatura moderada. En cambio, la fase M establece una flexibilidad estable y de alto rango, ideal para lograr tomar la trayectoria del conducto radicular, una característica esencial en conductos curvos y/o complejos. Estas características se han utilizado para implementar instrumentos mucho más específicos a cada tipo de anatomía, aumentando la personalización del tratamiento endodóntico ³⁵.



Casa abierta al tiempo

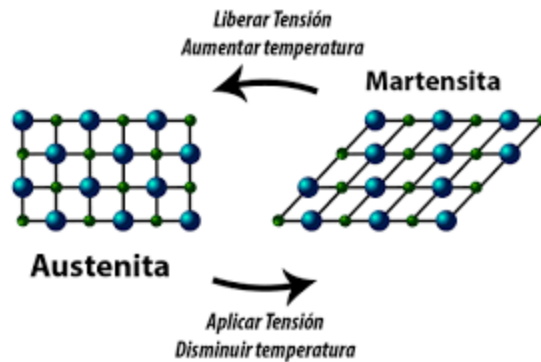


Figura 15. Representación esquemática de la lima endodóntica de aleación de NiTi (Nitinol), incluyendo su fabricación, memoria de forma y modificación superficial avanzada.

Esta fase se activa a temperaturas ligeramente más elevadas que la martensita, aunque se mantiene cerca del rango de temperatura corporal, permitiendo que el instrumento conserve algo de elasticidad al tiempo que evita que se vuelva muy maleable. Estos instrumentos son generalmente más rígidos que los instrumentos de fase martensítica, pero conservan una muy buena memoria de forma, lo que permite centrar la trayectoria con mayor precisión y facilita el seguimiento del conducto. Por otro lado, los instrumentos en fase M, al ser maleables y más suaves, permiten una navegación más segura en curvas pronunciadas al permitir adaptarse a la anatomía irregular del conducto sin ejercer una fuerza excesiva en las paredes dentinarias. La probabilidad de transporte se disminuye y también el riesgo de errores operativos en adición al riesgo de perforaciones o escalones, ya que se comporta manteniendo la integridad de la morfología interna del conducto a la vez que asegura una eficaz eliminación de la dentina.

Desde la perspectiva del clínico, la diferencia en estas dos fases también varía la sensación táctil. En tratamientos donde el instrumento activo se encuentra en fase M el profesional siente una mayor suavidad y adaptabilidad en el izado del ensanchador dentro de la raíz mientras que la utilización de la fase R genera una sensación más firme debido al izado. Esto es útil en conductos de trayectoria recta o amplios donde las fuerzas necesitan ser más directas. Ambos tipos de instrumentos son útiles dependiendo del caso clínico y su correcta elección y aplicabilidad se ven mejoradas con el conocimiento de sus propiedades estructurales. Adicionalmente, no es una elección definitiva entre una fase y la otra, sino que existen instrumentos que están en fase R en reposo y cambian a M bajo presión, permitiendo una flexibilidad temporal veraz ²⁹.

Estas propiedades permiten a los fabricantes desarrollar sistemas que selectivamente exploten las ventajas de las fases. Instrumentos como el HyFlex CM, el Vortex Blue y el Reciproc Blue se lograron con un tratamiento térmico diseñado para provocar una cantidad específica de fase martensítica o R dependiendo del objetivo clínico. Esta ciencia de materiales permite a los fabricantes diseñar limas no solo más resistentes a la fractura, sino más previsibles respecto a su rendimiento



Casa abierta al tiempo

mecánico. Los instrumentos que trabajan principalmente en fase M son muy útiles en retratamientos y anatomías complejas, mientras que los que lo hacen en fase R tienen mayor rendimiento en dientes con conductos rectos y grandes. Las decisiones basadas en la ciencia metalúrgica del instrumento directamente impactan la prestación del tratamiento y la vida útil del instrumental ³⁵.

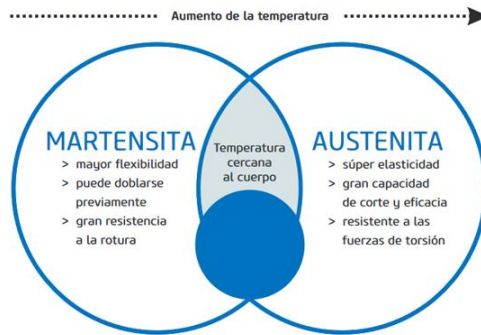


Figura 16. Representación esquemática de la lima endodóntica de aleación de NiTi (Nitinol), incluyendo su fabricación, memoria de forma y modificación superficial avanzada.

La diferencia entre fases también afecta la durabilidad del instrumento. La fase martensítica, al ser blanda, se deforma con mayor facilidad, pero también absorbe más tensiones, lo cual es un activo en conductos en los cuales el instrumento se doblará a lo largo de curvas. Las limas que retienen cantidad de fase R son más duras y tienden a mantener mejor su forma y corte en los primeros usos. La elección adecuada entre ambas depende de diversos factores tales como la morfología radicular, la experiencia del operador y el protocolo de instrumentación. Por esta razón, es imprescindible conocer el comportamiento metalúrgico de cada sistema para maximizar su desempeño por parte del clínico ²⁹.

Debido a la investigación y el desarrollo de nuevas aleaciones, se están abriendo horizontes adicionales para la personalización clínica. Se han realizado estudios sobre la relación de sistemas híbridos con transiciones programadas entre fases, en el que el instrumento actúa mediante la interacción entre el cirujano y esta herramienta. Esta tecnología ha evolucionado no solo para mejorar el rendimiento clínico, sino para garantizar la seguridad en procedimientos críticos con diferencias mínimas. La comprensión fundamental y profunda de las diferencias en estructuras R y M representa un progreso tanto en el refinamiento técnico como en el desempeño profesional, lo que consolida la importancia del Nitinol en la endodoncia moderna.



Casa abierta al tiempo

2.4.3. Efectos del recubrimiento y modificaciones superficiales en los instrumentos de NiTi.

Los instrumentos de NiTi han revolucionado el campo de la Endodoncia debido a su buena flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, estos instrumentos plantean preocupaciones en cuanto a su durabilidad, resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. Para superar estos problemas, se han desarrollado enfoques de recubrimiento y modificación reciente para mejorar la instrumentación en la práctica clínica. Estos incluyen aumento de la resistencia al desgaste, reducción de la liberación de iones metálicos y prolongación de la vida útil del instrumento, lo que conlleva a la frecuente fractura del instrumento; asegurando la instrumentación del conducto radicular ³⁸.

La corrosión de los instrumentos de NiTi es uno de los desafíos más importantes en Endodoncia porque se encuentran en constante exposición a fluidos orales y soluciones irrigantes como el hipoclorito de sodio que es ampliamente usado en la desinfección del conducto radicular. La corrosión puede resultar en una disminución de la resistencia del material y por ende aumenta la propensión a fracturarse en el desempeño clínico de la instrumentación. Los tratamientos de recubrimiento con óxidos metálicos evitan este proceso creando una barrera en la superficie que disminuyen la interacción del metal con el agente agresivo ³⁹.

Además de mejorar la resistencia a la corrosión, los recubrimientos pueden aumentar la resistencia al desgaste de los instrumentos de NiTi. Durante la instrumentación rotatoria, las limas experimentan altas fuerzas de fricción con las paredes del conducto radicular, lo que causa un desgaste gradual del material. El daño abrasivo puede modificar la geometría de las limas, perdiendo eficacia y aumentando el riesgo de fractura. Por ese motivo, algunos fabricantes utilizan recubrimientos de nitruro de titanio y carbono tipo diamante, que aumentan la dureza superficial de los instrumentos y disminuyen la fricción con los tejidos dentarios, favoreciendo una instrumentación más eficiente y segura ⁴⁰.

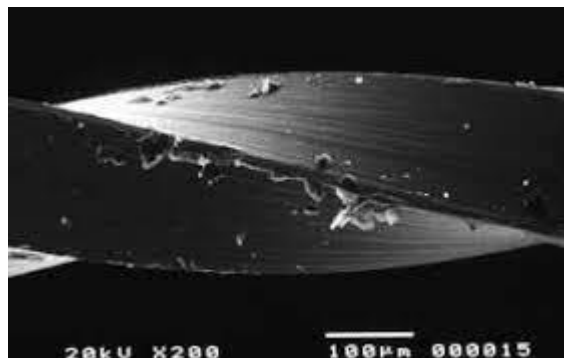


Imagen 17. Efecto corrosivo sobre limas K asociados a irrigantes endodónticos. ⁴¹



Otro aspecto crítico de las modificaciones superficiales en los instrumentos de NiTi es su influencia en la biocompatibilidad. La corrosión de los instrumentos de NiTi puede liberar iones de Ni en los tejidos perirradiculares, lo que, en algunos pacientes, genera procesos inflamatorios y respuestas alérgicas. Para evitar estos efectos, se han desarrollado técnicas de oxidación selectiva que producen una capa pasiva en la superficie del instrumento, impidiendo la liberación de iones metálicos al medio biológico. Tales tecnologías mejoran significativamente la seguridad de los instrumentos y favorecen su uso en pacientes sensibles a los metales.

Con el objetivo de mejorar la funcionalidad de los instrumentos de NiTi, también se han realizado cambios en la microestructura en la superficie, logrando mejorar el comportamiento mecánico de las limas durante su uso clínico. Algunos tratamientos térmicos y procesos de electropulido han logrado reducir la rugosidad superficial de la lima, disminuyendo de forma significativa el atrapamiento de restos dentinarios y bacterias en las espiras instrumentales. Este cambio facilita la instrumentación, pero también la limpieza y la esterilización, aumentando la esperanza sensorial y disminuyendo el riesgo de contaminación cruzada entre pacientes ³⁸.

Las modificaciones superficiales y recubrimientos aplicados a los instrumentos de NiTi han marcado un avance significativo en la Endodoncia moderna. Gracias a estas innovaciones, se ha logrado mejorar la resistencia a la corrosión, reducir el desgaste mecánico, optimizar la biocompatibilidad y aumentar la seguridad de los procedimientos endodónticos. La continua investigación en este campo permitirá seguir desarrollando tecnologías aún más avanzadas, que garanticen la máxima eficiencia y durabilidad de los instrumentos, beneficiando tanto a los profesionales de la odontología como a los pacientes. Con la implementación de estas mejoras, la Endodoncia mecanizada seguirá evolucionando hacia tratamientos más seguros, predecibles y exitosos.

2.5. Clasificación de los instrumentos de NiTi según su tratamiento térmico.

2.5.1. Instrumentos en fase Pink: características y aplicaciones clínicas.

Las mejoras tecnológicas en los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio han hecho posible el desarrollo de aleaciones con propiedades mecánicas optimizadas para su uso en la instrumentación de los conductos radiculares. Entre ellos, los instrumentos Pink-phase han surgido como un tipo revolucionario de la misma, diseñados para aumentar la flexibilidad, resistencia a la fatiga cíclica y su efectividad en este campo. El proceso de fabricación implica el uso de tratamientos térmicos avanzados que alteran la estructura original del NiTi y lo hacen más flexible y adaptables a la anatomía del conducto y, por lo tanto, disminuyen significativamente el riesgo de fracturas instrumentales. Dichos instrumentos en este tipo han sido desarrollados



Casa abierta al tiempo

para abordar los casos más complicados en los que la anatomía radicular implica angulaciones severas, desviaciones y conductos estrechos ⁴².

Este tipo de instrumentos se caracterizan por la memoria de la forma controlada de la aleación, ya que, en este caso, pueden deformarse durante el uso y recuperar su estructura sin comprometer la integridad. Por este motivo, son indispensables en la Endodoncia moderna, ya que permite una instrumentación más segura sin fuerzas excesivas ejercidas sobre la estructura. Asimismo, la resistencia mejorada a la fatiga cíclica permite la reutilización de los instrumentos en múltiples ocasiones, ya que la disminución del rendimiento de estas herramientas no es significativa. Por lo tanto, el uso de tales instrumentos también reduce la probabilidad de fracturas del instrumental ⁴³.

La aplicación más destacada de los instrumentos de fase Pink es su capacidad para preservar la estructura dental original, garantizando un tratamiento más conservador con un resultado favorable a largo plazo. Su flexibilidad permite una preparación más controlada y precisa que evita la eliminación sustancial de dentina y preserva la anatomía original del conducto radicular. Esta propiedad es especialmente importante cuando la estructura dental es frágil o cuando se debe minimizar el riesgo de debilitamiento radicular, como en pacientes con reabsorciones internas, conductos calcificados o retratamientos endodónticos. Cuanta más estructura dental se pueda preservar, mayor será la vida útil del diente y menos procedimientos restauradores posteriores se necesitarán ⁴⁴ (Figura 18).



Figura 18. Lima rotatoria aleación Pink. ⁴⁵

En términos de eficiencia operativa, los instrumentos de fase Pink han demostrado ser altamente eficientes para reducir el tiempo clínico requerido para la preparación del conducto. Su capacidad para mantener la instrumentación estable y controlada permite eliminar más rápidamente el tejido necrótico y el lodo dentinario, promoviendo así una limpieza eficiente del sistema de conductos. Además, su resistencia a la torsión reduce la frecuencia de reemplazo del instrumento, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista económico. La instrumentación del canal ortógrado está evolucionando hacia el uso de aleaciones tratadas térmicamente, como los instrumentos Pink-phase, debido a su mayor seguridad y previsibilidad.



Una característica estructural relevante de los instrumentos Pink es su compatibilidad con varias técnicas de instrumentación rotatoria y reciprocante. A diferencia de otros sistemas, que exigen un movimiento específico a fin de mantener el rendimiento intencional a lo largo de su vida útil, estos instrumentos se han optimizado de modo tal de realizar bien su función en varios protocolos clínicos sin sufrir alteraciones en su resistencia o capacidad de corte. Como resultado, estos instrumentos le brindan al clínico una valiosa herramienta que se puede usar en la mayoría de los sistemas disponibles en el mercado. Además, el diseño específico se mantiene con ángulos de hélice optimizados y núcleo central reforzado, estos mejoran significativamente la extrusión de detritus durante la preparación del conducto, lo que lleva a una mejor desinfección del sistema de conductos radiculares ⁴³.

Otro beneficio estructural de los instrumentos Pink, a nivel de fricción reducida con las paredes del conducto, resulta en una disminución de los atascos o bloqueos instrumentales. Este beneficio es especialmente diseñado para conductos con anatomías difíciles, donde la instrumentación convencional podría producir pasos accidentales o perforaciones no intencionales.

Además, el rendimiento y la facilidad de uso no solo son beneficiosas para el clínico, sino que también mejoran la experiencia del paciente. Al respecto, la facilidad de uso de instrumentos Pink los ha convertido en una opción popular en el tratamiento tanto de conductos primarios como en el tratamiento de conductos con reinstrumentación, disminuyendo el riesgo de debilitar el diente.

Los instrumentos en fase Pink, por lo tanto, representan un salto cuántico en el desarrollo de Endodoncia mecanizada, superando significativamente en flexibilidad, resistencia y eficiencia a todas las alternativas anteriores. Con un diseño optimizado, se espera que estos instrumentos permitan una instrumentación aún más conservadora, reduciendo el riesgo de complicaciones y mejorando la longevidad de los dientes postratamiento. Dado el progreso continuo en la creación de nuevas aleaciones y tratamientos térmicos, la próxima generación de instrumentos Pink probablemente seguirá mejorando, ofreciendo una elección aún más segura y menos riesgosa para todos los aspectos de procedimientos endodónticos. A medida que la tecnología avance, será más probable que los instrumentos en fase Pink se conviertan en algo normal en la práctica clínica moderna.

2.5.2. Instrumentos en fase Gold: ventajas y limitaciones.

Los instrumentos con fase Gold representan cuando menos un paso importante en la evolución de las limas rotatorias de NiTi, siendo un compromiso óptimo de flexibilidad, control táctil y resistencia a la fractura. Este se deriva de un tratamiento térmico específico dado al metal durante su producción, lo que confiere al metal un



Casa abierta al tiempo

color dorado opaco y altera la estructura interna del metal para mejorar su rendimiento clínico. Este tratamiento aumenta la fracción de fase martensítica en la temperatura ambiente, que permite una mejor adaptación a las curvaturas radiculares, sin embargo, no perjudica la memoria de forma. Una de las aplicaciones más comunes es la preparación de raíces permanentes curvas o estrechas. Para tales casos, es crítico que el instrumento pueda avanzar a lo largo del camino de menor resistencia sin ejercer presión en el canal para prevenir complicaciones ⁴².

La mayor ventaja de Gold es la memoria de forma controlada. Se sugiere que mientras estén in situ, los instrumentos pueden deformarse temporalmente en el conducto sin fracturarse y recuperar su forma original después de la remoción, este efecto minimiza el transporte, la perforación y los escalones del canal. Por tanto, esto es especialmente útil en raíces con morfologías complejas, mejora la seguridad de la lima y permite la técnica más conservadora preservando la anatomía original del conducto. Además, siendo más flexibles, los instrumentos descritos anteriormente son más tolerantes a la fatiga cíclica, lo que los hace más resistentes y, a veces, incluso reutilizables sin decrecimiento significativo del rendimiento clínico⁴⁵ (Figura 19).



Figura 19. Lima rotatoria aleación Gold. ⁴⁶

Otro beneficio importante es que los instrumentos con fase Gold pueden ofrecer un mejor control táctil al operador. Son más predecibles cuando responden a la instrumentación, lo que confía más cuando se insertan en conductos curvos o calcificados. Esta característica es especialmente valiosa en pacientes con condiciones anatómicas desafiantes o en tratamientos de retratamiento en los que se necesita un instrumento que minimice el riesgo de daño adicional. Sin embargo, a pesar de ser muy flexibles, los instrumentos Gold mantienen un buen rendimiento de corte, lo que garantiza la eliminación efectiva del tejido pulpar necrótico y detritus dentinarios, lo que favorece una irrigación más efectiva y una obturación más predecible ⁴⁴.



Desde el punto de vista de la versatilidad clínica, los instrumentos en fase Gold pueden ser utilizados tanto en sistemas rotatorios como en sistemas reciprocantes, lo que aumenta su espectro de aplicación en diferentes enfoques de trabajo clínico. En general, pueden insertarse en la mayoría de las secuencias clínicas que existen y algunos de ellos pueden fungir perfectamente bien como reemplazos de sus equivalentes convencionales en el tratamiento en fases específicas. Su parte activa no siempre está a lo largo de toda su longitud, lo que complica el proceso de limpieza química al no poder extraer fácilmente los restos de detritus.

A pesar de esto, existen algunas desventajas en los instrumentos en fase Gold que el clínico debe tener en cuenta. Su flexibilidad añadida en comparación con otros sistemas, pese a ser una ventaja en conductos curvados, podría resultar pesada en conductos amplios o rectos, requeriría más rigidez para mantener la dirección de la lima. En estos escenarios, los instrumentos podrían limitar su capacidad de penetración activa o permanecer en los canales por más tiempo. Además, si bien su resistencia a la fatiga es mayor que la de los sistemas convencionales, la durabilidad clínica no se ha resuelto, puesto que el número de usos y otros factores como el ángulo de la curva y la técnica del operador son factores que monitorear para evitar fracturas ^{43,48}.

Desde una perspectiva, los sistemas Gold son más costosos debido al proceso térmico y la tecnología de fabricación utilizada, limitando su uso en algunas clínicas o en el sistema de salud pública. Dicho esto, los sistemas Gold son una herramienta eficaz para reducir la incidencia de complicaciones y mejorar la seguridad en la preparación de conductos complejos. A medida que evolucione la tecnología, es probable que los sistemas Gold continúen mejorando los avances existentes y minimizando sus deficiencias, consolidando su papel en la endodoncia moderna.

2.5.3. Instrumentos en fase Blue: evolución en la flexibilidad y resistencia.

Los avances de la evolución de los instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio han puesto a punto aleaciones con las cualidades mecánicas más extremas posibles con el inicio de la era de la endodoncia mecanizada. Un gran paso en esta dirección fue representado por la creación de instrumentos en fase Blue (Figura 20), que han revolucionado la endodoncia mecanizada por su flexibilidad, resistencia a la fatiga cíclica y rendimiento en la preparación del conducto. Estos se someten a un tratamiento térmico que altera la estructura cristalina del NiTi, aumentando su adaptabilidad a la anatomía de los conductos sin disminuir su resistencia. Su adopción en la práctica clínica ha disminuido la ocurrencia de fracturas instrumentales y ha aumentado la seguridad de la endodoncia mecanizada ⁴⁹.



Casa abierta al tiempo



Figura 20. Lima rotatoria aleación Blue. ⁴⁵

Una de las propiedades más singulares de los instrumentos de fase Blue es su capacidad para doblarse sin quebrarse, lo que los hace fáciles de trabajar alrededor de ángulos definidos y curvas pronunciadas. En contraste con los instrumentos de aleación de NiTi, que recuperan su forma rápidamente, los instrumentos de fase Blue se forman a la anatomía de los conductos y mantienen esa forma sin forzar la forma contra la dentina. Esta propiedad minimiza el riesgo de transportación del conducto, perforaciones laterales y la formación de escalones, lo que se traduce en una mayor preservación de la estructura dentaria y un mejor pronóstico del tratamiento endodóntico ⁵⁰.

Otra ventaja importante de los instrumentos en fase Blue es su mayor resistencia a la fatiga cíclica, un problema común del mecanizado de la instrumentación endodóntica. La fatiga cíclica ocurre cuando un instrumento que se flexiona repetidamente dentro del conducto radicular desarrolla microfisuras que, con el tiempo, pueden dar lugar a su fractura. Gracias a su tratamiento térmico, los instrumentos en la fase Blue logran resistir más ciclos de flexión sin fallos estructurales, lo que extiende considerablemente su duración de vida e incluso reduce la posibilidad de accidentes clínicos. Este logro es crucial para los endodoncistas, ya que les permite trabajar de manera más eficiente y segura, incluso en casos de alta complejidad anatómica ⁴².

En términos de eficiencia operativa, los instrumentos de fase azul han sido útiles para aumentar la eficiencia de la preparación del conducto radicular. La instrumentación ha sido menos agresiva y más precisa ya que el instrumento es más flexible; por lo tanto, remueve la dentina afectada manteniendo la integridad del diente. Como resultado de la suave y controlada puntuación de los instrumentos de fase azul en el conducto radicular, los instrumentos se adaptan a la anatomía del conducto con tiempo reducido total del procedimiento. Gracias a estas capacidades,



Casa abierta al tiempo

los instrumentos en la fase Blue se han vuelto fundamentales para la endodoncia moderna ⁴⁹.

Otro aspecto para destacar es la capacidad de corte y eliminación de detritos dentinarios por los instrumentos en fase Blue. A pesar de su mayor flexibilidad, los fabricantes han podido mantener una buena capacidad de corte, lo que les permite eliminar adecuadamente el tejido necrótico y el barrillo dentinario durante la instrumentación. La capacidad de evacuar detritos es vital para evitar la obstrucción del conducto y para mejorar la desinfección del sistema de conductos. Asimismo, el ángulo óptimo de la hélice y el diseño de la punta activa permiten que el instrumento se deslice más suavemente a lo largo del conducto, lo que resulta en una notable mejora en la instrumentación y una disminución de la fatiga del operador.

No obstante, a pesar de muchos beneficios, hay ciertas limitaciones de los instrumentos en la fase blue que debemos tener en cuenta al trabajar con ellos en la práctica clínica. La mayor flexibilidad de los instrumentos puede dificultar la penetración en conductos extremadamente calcificados o estrechos que requieren mayor rigidez para avanzar. Por lo tanto, se requeriría la instrumentación combinada con instrumentos de mayor capacidad de corte. Además, dada la tecnología y el proceso especializado que los hace, estos instrumentos generalmente son más caros que las limas de NiTi convencionales, lo que podría ser un impedimento para ciertas prácticas dentales para usarlo.

En conclusión, los instrumentos en fase Blue representan un paso significativo adelante en el campo de la instrumentación endodóntica. Ambas opciones son altamente recomendadas para casos difíciles, ya que permiten a los profesionales tratar la anatomía del conducto radical sin riesgo. Sin embargo, la elección de un determinado conjunto de instrumentos en fase Blue debe basarse en la situación clínica y en las necesidades de un paciente en particular. Además, ambas opciones deben aplicarse con la máxima atención y considerar sus desventajas y limitaciones. A medida que la investigación de nuevos avances en este campo es probable que estos instrumentos ofrezcan aún más beneficios a los profesionales y a sus pacientes.

2.6. Rotatorios Níquel Titanio: Generalidades y Propiedades.

2.6.1. Parámetros mecánicos en la instrumentación rotatoria.

La instrumentación rotatoria ha revolucionado la Endodoncia moderna, permitiendo una mayor precisión y reducción de los tiempos operatorios en la preparación del sistema de conductos radiculares. Sin embargo, para aprovechar al máximo sus beneficios mientras se minimizan las complicaciones, se deben tener en cuenta los parámetros mecánicos responsables de su funcionamiento.



Casa abierta al tiempo

El equilibrio entre conceptos como la velocidad de rotación, el torque, la conicidad, la flexibilidad y la forma transversal puede inducir una adecuada interacción dentro de un conducto, resultando de una correcta limpieza y conformación, sin provocar alteraciones anatómicas ni fracturas de los instrumentos ⁵¹.

Uno de los principales factores a considerar en la instrumentación rotatoria es la velocidad de rotación, medida en revoluciones por minuto. En la mayoría de los sistemas, la velocidad de operación varía de 150 a 600 rpm, dependiendo del tipo de instrumento y del protocolo clínico. Un valor más alto aumenta la eficacia de la acción de corte, pero también los riesgos de recalentamiento del diente y fatiga del instrumental (Figura 21). Por otro lado, valores más bajos son, en general, más seguros para la conservación de la anatomía dentaria, aunque a expensas de los tiempos clínicos. La literatura ha demostrado que un valor óptimo de aproximadamente 350- 400 rpm es el más adecuado ya que reduce la incidencia de fracturas de los instrumentos, al tiempo que aumenta la eficacia de la limpieza del conducto ⁵².

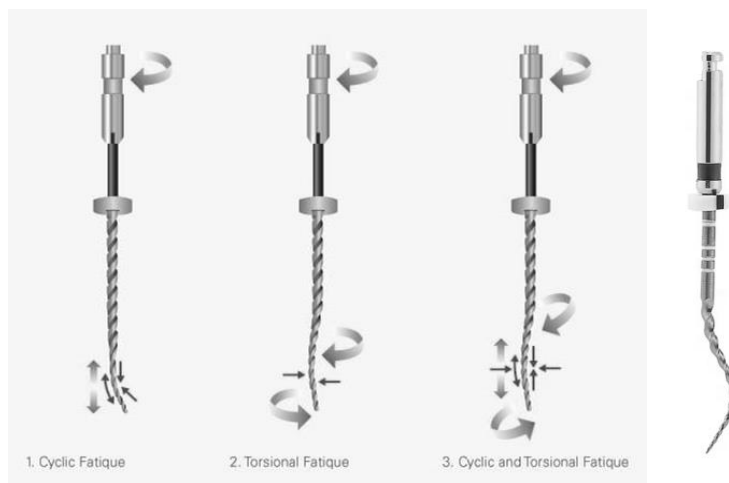


Figura 21. Esquema de lima rotatoria con fatiga cíclica. ⁵³

Otro parámetro crítico para considerar es el torque, definido como la cantidad de fuerza aplicada por el motor al instrumento rotatorio. Un torque excesivo puede provocar la fractura del instrumento, daños en el conducto radicular y, en casos graves, puede llevar a la pérdida del diente, mientras que un torque insuficiente puede comprometer la eficacia del tratamiento al no lograr una correcta limpieza y conformación de este. Los nuevos motores endodónticos han incorporado un sistema de control de torque, lo que detiene la rotación una vez que se detecta un incremento crítico en la resistencia, evitando fracturas de los instrumentos.



Casa abierta al tiempo

El torque adecuado se ajustará específicamente dependiendo de la anatomía del conducto y el nivel de resistencia del instrumento, permitiendo una instrumentación segura y eficaz ⁵².

La conicidad del instrumento también es relevante en la instrumentación rotatoria (Figura 22). Los instrumentos rotatorios más nuevos de NiTi oscilan entre 0.02 – 0.10mm / mm. Esto influye en la capacidad de corte y la eliminación de desechos; si son más cónicos, es más fácil limpiar el conducto, pero el impacto en las paredes dentinarias es mucho mayor. Esto podría resultar en la integridad estructural del diente. Por lo tanto, es necesario seleccionar la conicidad adecuada dependiendo de la morfología del conducto radicular ⁵⁵.

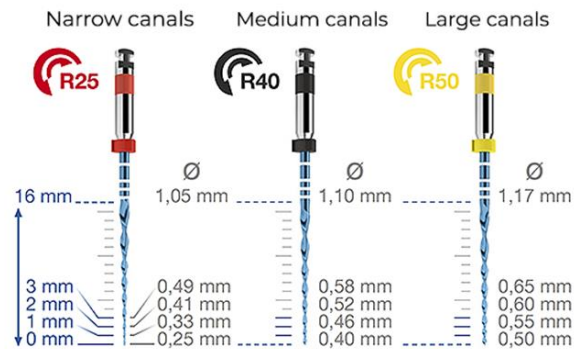


Figura 22. Esquema de conicidades de limas Reciproc ⁵⁶

Otra característica fundamental es la flexibilidad del instrumento, especialmente en conductos con curvaturas acentuadas o diámetro reducido. Los instrumentos de Níquel-Titanio presentan una mayor flexibilidad que los de acero inoxidable, lo que les permite tomar la forma curvada del conducto sin generar una presión desmesurada sobre las paredes radicales. Existen también diferencias entre los distintos instrumentos de NiTi: los que han sido fabricados con tratamientos térmicos, como los de fase Blue o Gold, son más flexibles y reducen el riesgo de transporte de conducto, ofreciendo una mayor seguridad durante el procedimiento.

La selección de un instrumento con la flexibilidad adecuada es fundamental para evitar la formación de escalones entre instrumentos y perforaciones laterales en la anatomía radicular. Además del material, el diseño de la sección transversal del instrumento influye en la eficacia de corte y en la remoción de detritus. Algunas limas presentan un diseño triangular, lo que permite un corte más efectivo, en tanto que otros tienen una forma más circular con diseños en “S” y “U”. Un diseño adecuado permite al clínico extraer el tejido necrótico y los restos de medicamentos endodónticos, evitando que queden retenciones en el conducto que imposibiliten estos procedimientos y maximizando el efecto de la desinfección.



Casa abierta al tiempo

Actualmente, los fabricantes han desarrollado diseños con bordes cortantes más agresivos o tecnologías que minimizan la fricción, lo que permite una instrumentación todavía más eficiente con menor trauma para la estructura dentaria⁵².

Además, es fundamental considerar la técnica de instrumentación utilizada con los sistemas rotatorios. La técnica corono apical implica una preparación de extracción coronal apical, mientras que la técnica de retroceso escalonado implica una preparación apical coronal. Al combinar la técnica de corono apical con los sistemas rotatorios, el instrumento permite una mejor eliminación de residuos y mejora la irrigación, aunque la técnica de retroceso escalonado es más adecuada cuando se requiere un enfoque gradual. La elección de la técnica depende de cuál de las dos se aplique a diversos factores, como la complejidad anatómica del conducto y la habilidad del operador⁵⁴.

Los parámetros mecánicos de la instrumentación rotatoria desempeñan un papel fundamental en el éxito general del tratamiento endodóntico. La selección adecuada de la velocidad, el torque, la conicidad, la flexibilidad y el diseño de la sección transversal del instrumento permite niveles óptimos de limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares con mínimos riesgos y máxima eficacia. La continua innovación de la instrumentación rotatoria ha mejorado aún más estos parámetros para ofrecer las soluciones más seguras y eficaces para la práctica clínica. Los endodoncistas deben estar familiarizados con estos aspectos y utilizarlos para adaptar su técnica a los diferentes casos clínicos y garantizar el mejor resultado posible para los dientes tratados.

Capítulo III: Sistemas Rotatorios de Níquel Titanio

3.1. Generalidades

Los sistemas rotatorios de Níquel-titanio han llevado la práctica de la Endodoncia a un nivel completamente nuevo al combinar niveles de flexibilidad, resistencia y precisión imposibles de alcanzar con los instrumentos manuales de acero inoxidable. El uso de esta nueva aleación de equipos endodónticos redujo la duración del tratamiento, minimiza la cantidad de dentina sana eliminada y mejoró drásticamente el éxito clínico a largo plazo. Los instrumentos de este tipo presentan altas propiedades de memoria de forma y superelasticidad, lo que les permite adaptarse a la curvatura del conducto sin romperse o deformarse, lo que reduce en gran medida el riesgo de transporte del conducto o perforaciones accidentales⁵⁵.



El torque es uno de los parámetros fundamentales en la instrumentación rotatoria y se entiende como la fuerza que se debe aplicar para hacer girar el instrumento dentro del canal radicular (Figura 23). El control adecuado del torque es esencial para prevenir la fractura instrumental, especialmente, en conductos curvos o calcificados. Afortunadamente, los motores endodónticos contemporáneos permiten regular el torque dependiendo de las características del canal y del sistema de instrumentación en uso, lo que brinda mayor seguridad y control al profesional. Si el torque es demasiado alto, la probabilidad de fractura del instrumento se incrementa; por otro lado, si el torque es insuficiente, la instrumentación no será exitosa y el profesional no podrá remover adecuadamente el tejido pulpar y los restos dentinarios presentes ⁵⁷.

De la misma manera, otro asunto crucial que se refiere al uso de instrumentos rotatorios es la velocidad de rotación y rotación variable de nuevas series, con CMR que mide en revoluciones por minuto, RPM (Figura 23). Dicho esto, dependiendo del sistema y el diseño del instrumento, las velocidades recomendadas se pueden aplicar hasta 150-2,000 RPM. En general, velocidades más rápidas se refieren a la eficiencia del instrumento y a una mejor capacidad de corte, pero aumentan el riesgo de sobrecalentamiento del diente y rotura del instrumento debido a la fatiga cíclica, en caso de velocidades más lentas. Además, la elección de velocidad ideal se toma en el sitio de recomendación clínica por evaluación del paciente y conducto, se utiliza para la morfología y el material del instrumento ⁵⁸.

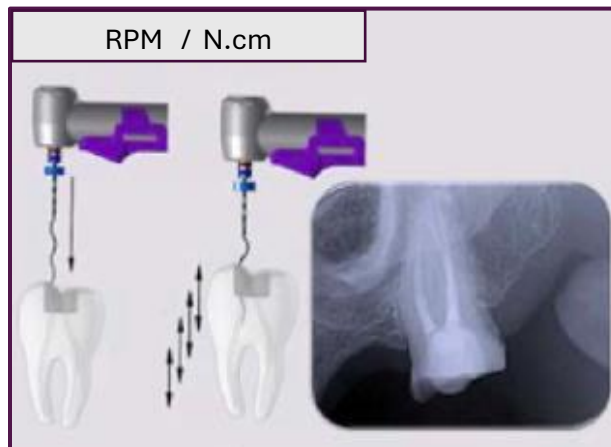


Figura 23. Esquema en representación de Torque y RPM. ⁵⁹

De hecho, el diámetro y la conicidad de los instrumentos también son parámetros esenciales en la instrumentación rotatoria. La conicidad se refiere a la variación del diámetro del instrumento desde la punta hasta la parte coronal y puede ser constante o variable. Los instrumentos con conicidad constante ofrecen una sensación táctil uniforme y facilitan el control durante la instrumentación.



Casa abierta al tiempo

Sin embargo, en conductos curvos, pueden generar mayor presión sobre las paredes dentinarias, aumentando el riesgo de transporte del conducto. En contraste, los instrumentos con conicidad variable presentan cambios en el incremento del diámetro a lo largo de su longitud activa, lo que mejora su flexibilidad y adaptabilidad a la anatomía del conducto. Estos instrumentos permiten una eliminación más efectiva de detritos y una mejor conformación del conducto sin comprometer la estructura dentaria.

Otro factor crucial para tener en cuenta en la instrumentación rotatoria es la forma de la punta del instrumento, que, a su vez, puede ser activa o inactiva (Figura 24). Las puntas activas fueron diseñadas para mejorar la penetración inicial en el conducto y aumentar la capacidad de corte, lo que llevó a una instrumentación más rápida y efectiva. Sin embargo, una excesiva agresividad de la punta del instrumento conduce al aumento del riesgo de desviación del conducto o perforación accidental. En cuanto a las puntas inactivas, siguen la anatomía original del conducto, lo que significa que dañan menos el tejido estructural, reduciendo la posibilidad de transporte del conducto y preservando la estructura dentaria ⁵⁷.

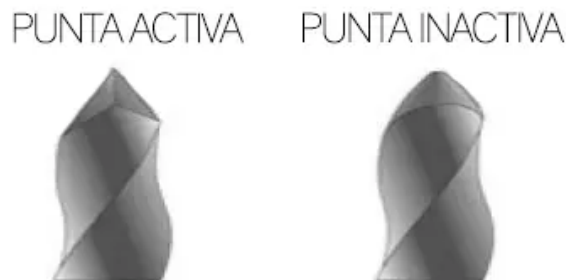


Figura 24. Esquema de punta activa o inactiva. ⁶⁰

La elección del tipo de punta atiende a la morfología del conducto radicular y la estrategia de instrumentación planificada. Los instrumentos rotatorios de NiTi han evolucionado a diseños específicos que garantizan la eficiencia y seguridad de la instrumentación endodóntica. Varios sistemas introducen secciones transversales modificadas, tratamientos térmicos y movimientos recíprocos que aumentan la resistencia a la fractura y la flexibilidad. La resistencia a las fuerzas mecánicas aplicadas ha incrementado significativamente, ya que los sistemas modernos son más duraderos y tolerantes a las fuerzas durante la instrumentación. Los tratamientos térmicos específicos permiten que las aleaciones puedan adaptarse a las curvaturas sin perder su capacidad de corte. A medida que evolucionan, surgen los sistemas de tratamiento endodóntico de mejor calidad, que son más seguros y proporcionan más predictibilidad en las actividades diarias ⁵⁸.



Casa abierta al tiempo

A pesar de las numerosas ventajas de los sistemas rotatorios NiTi, su efectividad depende en gran medida del conocimiento y la experiencia del operador. Por lo tanto, es crucial familiarizarse con las características mecánicas de cada sistema, sus indicaciones y contraindicaciones. La elección adecuada de parámetros de instrumentación, como torque, velocidad y conicidad, ayuda a maximizar la seguridad y la efectividad del procedimiento. De igual modo, los operadores deben ser educados y capacitados con regularidad sobre las innovaciones y actualizaciones en la tecnología de la instrumentación rotatoria. Con la Endodoncia que sigue perfeccionando, la combinación de la técnica correcta y el uso de los instrumentos más avanzados garantiza un resultado endodóntico exitoso y duradero.

3.2. Comparación de Sistemas Rotatorios de Elección

Zarc BlueShaper Pro.

El Zarc BlueShaper Pro es un sistema de instrumentación rotatorio que ha revolucionado la Endodoncia al incorporar aleaciones metálicas avanzadas y un compromiso serio con el mantenimiento de la anatomía radicular. Fabricado por expertos, se destaca de la competencia por su capacidad en aleaciones rosa y azul. BlueShaper Pro con la tecnología térmica denominada Blue Technology, que confiere al níquel-titanio propiedades martensíticas avanzadas. Esto se traduce en una mayor flexibilidad del instrumento, permitiendo el acceso seguro en conductos curvos y estrechos sin modificar su trayectoria original ^{61,62}. También se ha demostrado que es un sistema mucho más seguro y efectivo en diferentes morfologías radiculares, reduciendo el riesgo de fractura. Toda esta relación se convierte en la adaptabilidad de BlueShaper Pro, haciéndolo una opción en caso de conductos curvados, calcificados y de acceso limitado.

Entre las innovaciones del BlueShaper Pro se encuentran la utilización de mejoras diferenciadas para cada etapa del procedimiento endodóntico. Z1, también en aleación rosa, diseñado conforme a una torsión superior, está indicado para la apertura y exploración inicial del conducto radicular, siendo resistente a desvíos y perforaciones en conductos donde la instrumentación sea más desafiante. Aún en la etapa de modelado, se necesita resistencia para modelar, pero flexibilidad para no realizar falsas vías ⁶³. Las siguientes limas están hechas de la aleación azul, desarrollada para resistir la fatiga cíclica y ser altamente flexible. Esencial para conductos altamente curvos, reducir la posibilidad de fractura del instrumento, lo que suele suceder cuando se trabaja con sistemas más rígidos. La diferencia en las aleaciones utilizadas y las dos combinadas en un solo sistema da rigidez y flexibilidad, asegurando la seguridad del procedimiento ⁶³ (figura 25).



Casa abierta al tiempo

BlueShaper PRO®



Figura 25. Tip Card. ⁶⁴

Estos factores reducen el esfuerzo del operador y disminuye la fatiga del material. Gracias a su versión con múltiples curvaturas, el modelado del conducto no genera presiones indeseadas sobre las paredes de la dentina, lo que permite preservar la dentina pericervical, esencial para la longevidad del diente tratado. Además, este sistema funciona con una rotación completa, junto con un diseño de sección transversal convexa y una conicidad progresiva, lo que permite mejorar la eficiencia de corte, con una menor acumulación de residuos en el conducto. Estas características hacen que BlueShaper Pro sea especialmente útil en casos de retratamiento, donde la eliminación del material depositado es esencial sin comprometer la estructura radicular original.

BlueShaperPRO®		
Tamaño lima	Velocidades (rpm)	Torque (Ncm)
BlueShaperPRO® ZX-Z7	500	4

Figura 26. Ajustes recomendables del motor. ⁶⁵

La seguridad del paciente y la facilidad de uso del operador también han sido consideraciones fundamentales en el desarrollo de Zarc BlueShaper. A diferencia de otros sistemas, este juego de limas reduce la necesidad de instrumentación excesiva, lo que a su vez reduce la duración del procedimiento y la fatiga del operador. Además, el diseño de la punta de la lima, cuidadosamente optimizado, reduce la penetración agresiva, evitando el transporte innecesario y garantizando una instrumentación más controlada.



Casa abierta al tiempo

Estas características, combinadas con una excelente resistencia mecánica, han posicionado a BlueShaper Pro como una de las mejores opciones para endodoncistas que buscan precisión, seguridad y eficacia en sus procedimientos. La continua evolución en el diseño de instrumentos rotatorios resalta la importancia de la innovación para la Endodoncia moderna, garantizando procedimientos más predecibles con mejores resultados clínicos.

Rotate.

Rotate es el sistema de VDW, con la capacidad de rotación continua para evitar la eliminación destructiva de dentina sana y permitir la experiencia de la anatomía del conducto original. Esta tecnología ayuda a controlar mejor el movimiento del instrumento y evitar el transporte del canal radicular, así como la debilitación de las paredes radiculares. El instrumento es altamente versátil y se puede utilizar en casos tanto de conductos rectos como extremadamente curvos, en los cuales se usan instrumentos que puedan fatigar el material y aumentar el riesgo de fractura; por lo tanto, el sistema es compatible con varios protocolos de instrumentación y recomendaciones clínicas ⁶⁶ (Figura 27).



Figura 28. Presentación de limas Rotate. ⁶⁷

En cuanto a la composición metalúrgica y al tratamiento térmico, uno de los principales atributos del sistema Rotate es su habilidad de ofrecer una flexibilidad superior a las limas en comparación con las generaciones previas de instrumentos rotatorios de NiTi. Así, su resistencia a la fatiga cíclica es significativamente mayor, permitiendo el uso de la lima al restaurar múltiples canales radiculares sin comprometer su integridad estructural. Su conicidad variable le permite una instrumentación progresiva, lo que asegura la eliminación de detritos en la máxima capacidad posible sin comprometer la estructura dentaria (Figura 28).



Casa abierta al tiempo

Y es que la preservación de la dentina pericervical es un factor determinante para la longevidad del diente tratado. Asimismo, comparado con sistemas de conicidad constante, el diseño de Rotate permite a la carga distribuirse de manera más uniforme a lo largo del instrumento, lo que reduce la concentración de estrés mecánico y aumenta su vida útil.



Figura 28. Conicidad.⁶⁷

La velocidad y el torque son parámetros críticos en la efectividad del Rotate. Su diseño permite trabajar con una velocidad recomendada de 350-400 RPM, lo que equilibra la capacidad de corte con la seguridad del procedimiento (Figura 29). A diferencia de otros sistemas, en los que velocidades más altas pueden comprometer la estabilidad del instrumento dentro del conducto, Rotate está diseñado para mantener su integridad a velocidades controladas, lo que minimiza la probabilidad de fractura. Su compatibilidad con motores endodónticos modernos permite ajustes precisos del torque, optimizando la instrumentación de acuerdo con las características del conducto tratado. Además, su punta no activa facilita una progresión más suave dentro del canal, evitando perforaciones accidentales o desvíos indeseados.

File size	Torque [cNm]	Speed [rpm]
VDW.ROTATE™ 15.04	1.3	350
VDW.ROTATE™ other shaping sizes until ISO 60	2.0	350
VDW.ROTATE™ Revision 25.05	3.5	400

Figura 29. Ajustes recomendables del motor.⁶⁷

El impacto del sistema Rotate en la práctica clínica es notable. Al proporcionar una instrumentación más controlada, segura y eficiente, permite a los endodoncistas abordar casos complejos con mayor confianza. Su diseño optimizado, combinado con la mejora en la resistencia del material y la flexibilidad del instrumento, ha posicionado a Rotate como una de las opciones más confiables para la preparación de conductos radiculares.



Casa abierta al tiempo

Su aplicación no solo se limita a casos primarios, sino que también se ha demostrado su eficacia en retratamientos, donde la instrumentación cuidadosa y la preservación del tejido dentario son factores cruciales para el éxito a largo plazo del procedimiento.

Mtwo.

El sistema Mtwo es una de las innovaciones más recientes en la instrumentación rotatoria de aleación de níquel-titanio. La mayor ventaja del uso del Mtwo es el concepto de preparación simultánea: el conducto se prepara desde la primera lima en una sola visita en oposición a otros sistemas que hacen uso de una secuencia de limas de mayor a menor. Esto reduce significativamente el tiempo de tratamiento, lo que permite que los instrumentos sean menos fatigados y la instrumentación sea más predecible. La aleación de NiTi de alta calidad le confiere al sistema Mtwo una combinación única de flexibilidad y resistencia. Como resultado, el instrumento puede moldear los conductos naturalmente sin riesgo de rotura ni perforación ⁶⁸.

Una de las innovaciones clave de Mtwo que contribuyen a tal comportamiento es su sección transversal en forma de “S”, que permite un contacto radial mínimo con las paredes del conducto (Figura 30). Esto contribuye a una evacuación más eficiente de los detritus preparados, lo que ayuda a minimizar la limadura del conducto. Además, los ángulos de corte levemente negativos evitan que el instrumento se enrosque en el conducto, lo que minimiza la fricción y el estrés mecánico creado por la lima. La conicidad progresiva y variable de los instrumentos facilita una preparación más homogénea sin comprometer la estructura del diente, por lo que es una opción ideal para conductos estrechos y curvos con alto riesgo de fatiga del material o fractura del instrumento.

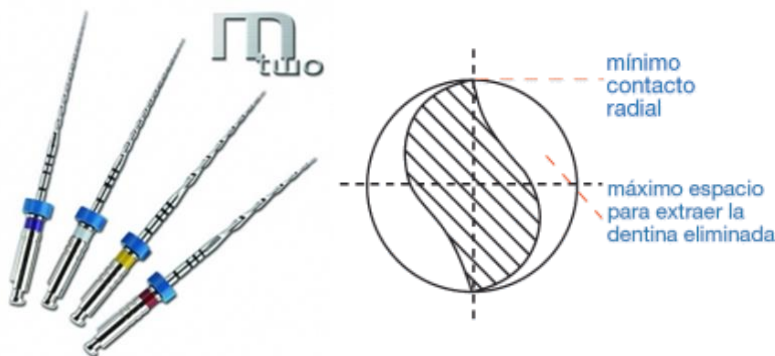


Figura 30. Esquema de sección transversal en “S” Mtwo. ⁶⁹



Casa abierta al tiempo

Otro aspecto relevante del sistema Mtwo es su tipo de punta, inactiva, lo que desestima una penetración agresiva y descarta la opción de un transporte apical, aunque hay que tener en cuenta que estas limas se diseñan para la conformación del conducto radicular. Así, estos instrumentos son de gran importancia para la conservación de la anatomía original del conducto radicular, ya que permiten preparar los procedimientos de manera más controlada y preservar así la estructura radicular. Además, los mangos cortos de 11 mm permiten un fácil acceso a zonas posteriores de difícil acceso, lo que hace que las manos del operador sean más ágiles y facilita el control de la preparación. La capacidad de Mtwo para adaptarse a la curvatura del canal también permite un abordaje del instrumental más seguro, reduciendo la probabilidad de fallas del operador y mejorando los resultados clínicos con respecto al éxito endodóntico a largo plazo.

Mtwo ha influido significativamente en la Endodoncia moderna como producto, ya que el diseño y el rendimiento han ayudado a hacer la preparación del conducto radicular más segura y predecible. La combinación de alta flexibilidad, resistencia a la fatiga y alta capacidad de corte le da a este instrumento la ventaja de realizar tratamientos de conductos complejos sin afectar la calidad del tratamiento. La posibilidad de integrar Mtwo en una secuencia simplificada, junto con su diseño innovador, lo convierte en un sistema altamente confiable tanto para el tratamiento primario como para el retratamiento (Figura 31). La continua evolución de los instrumentos rotatorios de NiTi continúa impulsando la Endodoncia en la era moderna, y Mtwo es un claro ejemplo de cómo la tecnología puede mejorar el rendimiento y la seguridad de la preparación del conducto radicular.

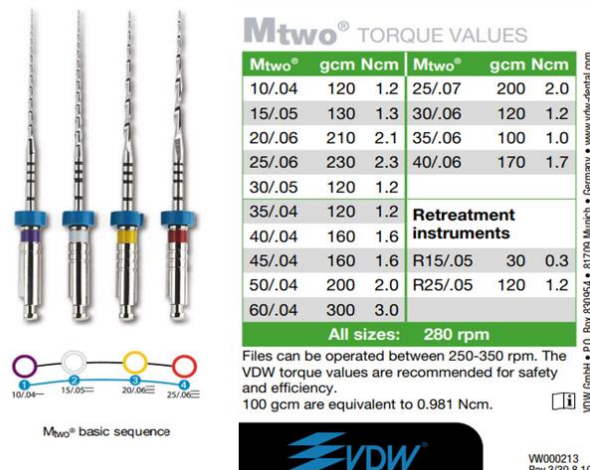


Figura 31. Conicidades y recomendaciones sobre RPM y Torque. Mtwo ⁶⁹



Casa abierta al tiempo

Reciproc Convencional.

Reciproc Convencional es una línea de sistemas rotatorios basados en un protocolo de instrumentación recíproca y es un verdadero hito en la Endodoncia moderna. Sigue el patrón del movimiento de una lima manual que avanza en dirección de las agujas del reloj y luego se retira de ella, permitiendo así un control más preciso de la preparación del sistema de conductos radiculares. En comparación con los rotatorios basados en la rotación constante, este tipo de movimiento reduce el estrés por torsión experimentado por el instrumento y, por lo tanto, disminuye el riesgo de fractura (Figura 32).

Una característica única del sistema Reciproc es la capacidad de conformar todo el conducto radicular en una sola lima. Esto se logra debido a su diseño y el uso de aleación avanzada M-Wire, que ofrece una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica en comparación con las aleaciones de NiTi tradicionales. El hecho de que solo sea necesario un instrumento laminado facilita el protocolo para el clínico, reduce el tiempo de tratamiento y la posibilidad de error durante la secuencia de instrumentación ⁵⁷.



Figura 32. Movimiento Reciprocante. ⁷⁰

Presenta una conicidad variable que facilita un ensanchamiento progresivo del conducto, con una sección transversal en forma de “S”, lo que le confiere una elevada eficacia de corte y adecuada eliminación de detritos. Su punta inactiva permite un avance más seguro en la trayectoria original del conducto, reduciendo el riesgo de transporte. El fabricante recomienda trabajar a una velocidad aproximada de 300 rpm, con un torque preajustado de 4–5 N·cm, parámetros que contribuyen a la seguridad operatoria y a la preservación de la anatomía radicular ^{71,72} (Figura 33).



Casa abierta al tiempo

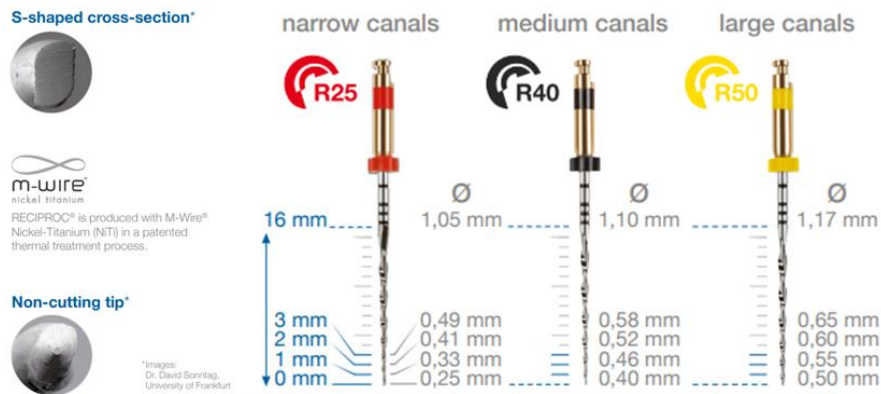


Figura 33. Esquema sobre forma de la punta, sección transversal y conicidades. ⁷⁰

El Reciproc Convencional ha transformado la Endodoncia al presentar una mejor y más segura elección en relación con la planificación final de canales radiculares. Su diseño único y uso de aleaciones de clase superior junto con una técnica de instrumentación sencilla ha ayudado a adecuar la calidad de tratamiento del profesional con la experiencia del paciente.

Reciproc Blue.

El sistema Reciproc Blue® es una evolución del Reciproc convencional, fabricado en aleación de níquel-titanio sometida a un tratamiento térmico Blue, que le confiere mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica. Las limas se fabricaron en VDW y nacieron para desarrollar la técnica de instrumentación de los conductos radiculares con una sola lima, facilitando en gran medida tanto la preparación como el tiempo necesario para hacerlo. Conserva el movimiento reciprocante y la sección transversal en “S”, pero su comportamiento mecánico mejora la adaptación a conductos curvos y complejos. Posee una punta inactiva, diseñada para avanzar de manera segura y reducir el riesgo de perforación o transporte (Figura 34). Su conicidad variable permite una instrumentación más progresiva, y el fabricante recomienda trabajar a 300 rpm con un torque de 4–5 N·cm, parámetros que incrementan la seguridad operatoria y la durabilidad del instrumento ^{71,73}.

El sistema Reciproc Blue proporciona una solución integral para el manejo de los conductos radiculares que combina simplicidad, eficiencia y confiabilidad. La mayor flexibilidad, la resistencia a la fatiga cíclica y un diseño conveniente permiten su aplicación en los conductos incluso curvos y delgados.

Por lo tanto, el sistema Reciproc Blue es una herramienta inestimable en la práctica endodóntica moderna, lo que permite a los profesionales abordar variedad de anatomías radiculares con confianza.



Casa abierta al tiempo



Figura 34. Esquema sobre forma de la punta, sección transversal Reciproc blue. ⁷⁴

Además, el mango corto niquelado de 11 mm incrementa la posibilidad de trabajo con molares y la curvatura de hasta 10° es especialmente útil en caso de instrumentación de conductos anastomosados. Las limas suministran a los consumidores en blísteres estériles para un solo uso, que garantiza la capacidad de corte consistente y disminuye el riesgo de contaminación cruzada. En general, el sistema Reciproc Blue da una solución avanzada al proceso de preparación de conductos radiculares a través de la simplicidad, flexibilidad y seguridad.

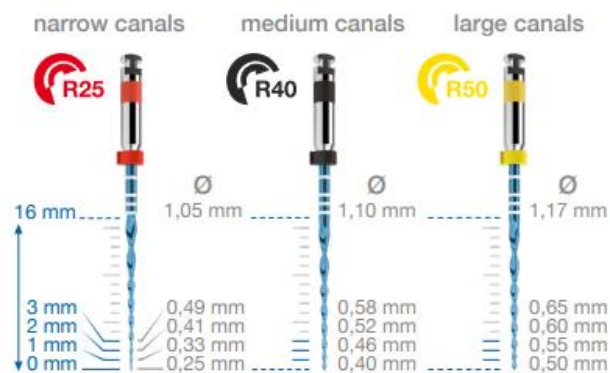


Figura 34. Conicidades de Reciproc Blue. ⁷⁴



Casa abierta al tiempo

Apical Shaper Zarc.

Apical Shaper de Zarc es un innovador instrumento endodóntico que busca mejorar y optimizar la preparación del tercio apical del conducto radicular (Figura 35). Su concepto de preparación es preciso y conservador, lo que implica una mínima remoción de la estructura dental, pero la máxima eficacia del tratamiento. El instrumento destaca por su conicidad reducida a un 3% que permite expandir el diámetro apical del instrumento hasta un tamaño 50, sin violar la dentina de los conductos y conseguir una mejor penetrabilidad de los irrigantes en el tercio apical del sistema de conductos, lo cual constituye una ventaja significativa en caso de necrosis o retratamiento.

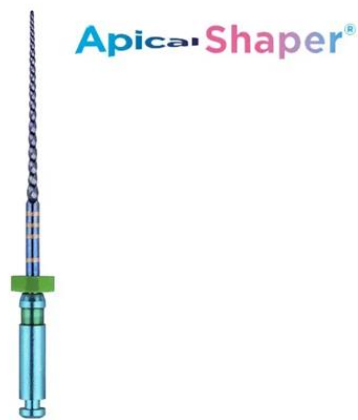


Figura 35. Lima Apical Shaper. ⁷⁵

El diseño de Apical Shaper incorpora una sección transversal en forma de paralelogramo centrado, lo que facilita el movimiento del instrumento dentro del conducto y mejora su capacidad de corte. Además, está fabricado con una aleación blue de última generación, que le confiere una flexibilidad y resistencia excepcionales, reduciendo el riesgo de fracturas durante la instrumentación. Estas propiedades permiten a Apical Shaper adaptarse a la anatomía original del conducto, preservando al máximo la dentina pericervical y evitando el debilitamiento de la raíz ⁷⁶.

Su punta inactiva permite un avance más seguro, minimizando el riesgo de transporte en el tercio apical. De acuerdo con la información proporcionada por el fabricante se recomienda trabajar a velocidades de 150–350 rpm, pudiendo llegar hasta 500 rpm, con un torque de 2–2.5 N·cm (máximo 4 N·cm a 500 rpm). Presenta una conicidad variable en la zona apical, lo que favorece un ensanchamiento seguro y progresivo de esta región crítica (Figura 36). Estas características lo convierten en una herramienta precisa para garantizar un sellado apical eficaz y la preservación de la anatomía radicular. ^{77,78}



Casa abierta al tiempo

Esta línea de preparaciones apicales existe en cuatro opciones: 30, 35, 40 y 50 de diámetro y todas con una conicidad del 3%. Esto le permite al clínico elegir la opción que haga frente a las necesidades clínicas específicas de su caso en particular garantizando una preparación individual y eficaz.

Esto constituye una ventaja adicional significativa, a diferencia de las alternativas en el mercado, al mismo tiempo que aportan una ventaja a largo plazo para la integridad estructural del diente, mejorando los casos de tratamiento a largo plazo.

De hecho, el uso del Apical Shaper de Zarc representa una opción avanzada para necesidades ideales y contemporáneas en el campo de la Endodoncia moderna, con un diseño innovador y características para asegurar la instrumentación apical de alta calidad, segura y precisa. Con su enfoque mínimo invasivo y la alta adaptabilidad, puede convertirse en una elección beneficiosa para los profesionales en busca de mejorar sus tratamientos y resultados.

Modelo	Secuencias	Tratamiento	Rotación	RPM
Apical Shaper®	Z30, Z35, Z40 y Z50	Blue	Continua	500

Figura 36. Lima Apical Shaper. ⁷⁵

Slim Shaper Zarc.

El Slim Shaper® de Zarc es una innovación notable en la instrumentación endodóntica, especialmente al preservar la anatomía dental y adaptarse a conductos complejos. Una de sus características más distintivas es la implementación de tres tratamientos térmicos diferentes en una única lima, Gold, Pink y Blue. La combinación proporciona al instrumento tanto flexibilidad óptima como la resistencia necesaria, permitiendo una preparación eficiente del conducto radicular al mismo tiempo que mantiene su estructura original.

Este sistema ha sido desarrollado para la instrumentación de conductos curvos, estrechos o complejos, gracias a su aleación de níquel-titanio con tratamiento térmico martensítico que le otorga gran flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica. Su conicidad variable está diseñada para facilitar un avance progresivo, mejorando la eliminación de detritos, realizando una preparación efectiva del conducto, sin eliminar dentina sana y reduciendo el riesgo de deformación (Figura 37). Posee una punta inactiva que favorece la seguridad durante el deslizamiento en la trayectoria original del conducto. Funciona de manera óptima a 300–500 rpm con un torque recomendado de 3 N·cm, garantizando un equilibrio entre eficacia de corte y control operatorio ^{77,80,81} (Figura 38).



Casa abierta al tiempo

SlimShaper®



Figura 37. Conicidad Limas Slim Shaper. ⁷⁹

Otra ventaja significativa del sistema Slim Shaper es su simplicidad operativa. El sistema consta de tres limas principales, identificadas como ZS1, ZS2 y ZS3, cada una diseñada para etapas específicas de la preparación del conducto. Esta simplificación en la secuencia de instrumentación facilita el proceso para el profesional, reduciendo el tiempo de tratamiento y la posibilidad de confusión o errores durante el procedimiento. Además, los mangos colorimétricos de las limas permiten una identificación rápida y precisa de cada instrumento, mejorando la eficiencia y fluidez del tratamiento.

SlimShaper®		
Tamaño lima	Velocidades (rpm)	Torque (Ncm)
SlimShaper® ZS1, ZS2 y ZS3	500	3

Figura 37. Torque y RPM de Limas Slim Shaper. ⁷⁹

El sistema Slim Shaper de Zarc ofrece una solución avanzada y eficiente para la preparación de conductos radiculares, combinando flexibilidad, resistencia y un diseño mínimamente invasivo. Su capacidad para adaptarse a diversas anatomías complejas, junto con su simplicidad operativa, lo convierte en una herramienta valiosa en la práctica endodóntica moderna. Al preservar la estructura dental y mejorar la eficacia del tratamiento, Slim Shaper contribuye a resultados clínicos más predecibles y satisfactorios tanto para el profesional como para el paciente.

Capítulo IV: Metodología

4.1. Enfoque y diseño de la investigación.

4.1.1. Tipo de estudio.

Este protocolo de investigación fue posible en un enfoque cualitativo, explicado a través de la revisión sistemática combinada con el estudio comparativo. La elección metodológica fue necesaria para obtener una mejor comprensión de los sistemas rotatorios Ni-Ti en Endodoncia y relacionar de cerca sus características, ventajas y limitaciones a la mejor interpretación en un sentido integral y científico. Hasta ahora, los sistemas rotatorios Ni-Ti han constituido una modificación significativa de los sistemas convencionales y han desarrollado procedimientos endodónticos basados en protocolos, lo que proporciona a los pacientes una extensión segura y eficaz de la limpieza y conformación de los conductos radiculares. Sin embargo, una amplia variedad de instrumentos basados en diseños, tratamientos térmicos y estudios de comportamiento clínico aplicados fue significativo. Por lo tanto, fue imprescindible realizar un análisis detallado para recopilar, evaluar y comparar la información disponible en objetos fiables para una visión crítica de los datos científicos y clínicos relacionados con el problema. A través de tales métodos, no solo se describió la evolución y el desarrollo de los sistemas Ni-Ti sino que se analizaron las tendencias en su diseño y aplicación futura ⁸².

La revisión sistemática fue una estrategia de investigación de la recopilación, evaluación y síntesis de estudios previos sobre los sistemas rotatorios NiTi. Por lo tanto, su objetivo fue identificar patrones, discrepancias y brechas en el conocimiento ya existente, lo que permitió fundamentar de manera objetiva y estructurada las conclusiones de la investigación. A diferencia de una revisión narrativa, la revisión sistemática siguió un procedimiento meticuloso y estandarizado para la selección y análisis de estudios, lo que significa una mayor fiabilidad de los resultados. En este caso, se utilizó para evaluar la efectividad y el rendimiento de los sistemas rotatorios NiTi en Endodoncia. Se revisaron estudios clínicos, in vitro y revisiones previas, entre otros. Se utilizó un marco de referencia sólido y viable para progresar en el campo del conocimiento de la Endodoncia moderna y permitir que los profesionales tomen decisiones informadas basadas en evidencia científica ⁸³.

Adicionalmente, se implementó un estudio comparativo para permitir la comparación de los datos y comprender las diferencias y semejanzas entre los sistemas rotatorios de NiTi. Este abordaje es trascendental para comprender el comportamiento de cada sistema frente a los retos clínicos, permitiendo identificar cuáles presentaron un mejor rendimiento en cada caso. Las características de la aleación, la conicidad, la velocidad de rotación y el torque incidieron de forma significativa en el resultado obtenido tras el instrumentado endodóntico. Por ello, la evaluación comparativa permite una evaluación basada en la funcionalidad de cada



sistema, así como, en su eficacia para la remoción de detritus, su adaptación a la anatomía del conducto radicular y su capacidad para reducir la posibilidad de fractura del instrumento. Al comparar estos aspectos de diferentes dispositivos, es posible generar información potencial para los endodoncistas, que pueden seleccionar el instrumento más adecuado para cada caso individual y, así, optimizar el instrumentado endodóntico y reducir las complicaciones postoperatorias.

La integración de la revisión sistemática con un análisis comparativo fortaleció la validez y confiabilidad de los resultados presentados en este trabajo. Mientras la revisión sistemática posibilitó la recolección ordenada y rigurosa de la literatura disponible, el enfoque comparativo permitió examinar críticamente las diferencias más relevantes entre los sistemas rotatorios, ofreciendo una visión clara de sus aplicaciones clínicas. Asimismo, esta integración guio la formación de nuevas preguntas de investigación, que podrán informar estudios futuros sobre la mejora y desarrollo de instrumentos endodónticos. Los dos enfoques presentaron limitaciones respectivas, mientras que la combinación permitió una síntesis más estructurada e informada para la práctica clínica.

La elección de la investigación de una revisión sistemática combinada con un estudio comparativo como tipo de estudio en este documento permitió la evaluación inmediata pero integral de NiTi rotatorios. El enfoque no solo creó la contribución relevante a la educación dental y científica, sino que también directamente influyó en la mejora de la calidad de los procedimientos endodónticos. Al presentar los sistemas de instrumentos más efectivos y seguros en términos comparativos, se proporcionó ayuda a los especialistas en la elección de una estrategia específica que es el instrumento aplicado, y la especialización adecuada para realizar la estrategia determinada. La endodoncia y sus trayectorias están en constante evolución que se hace posible gracias a la continua inversión en información y búsqueda de nuevas soluciones tecnológicas. Este estudio representa la contribución a la evolución del tema proporcionando la información comparativa y actualizada sobre los sistemas rotatorios de NiTi más utilizados hoy en día.

4.1.2. Objetivo del diseño metodológico.

El objetivo principal del diseño metodológico de esta investigación fue realizar una revisión sistémica cualitativa combinada con un estudio comparativo, a fin de analizar profundamente los sistemas rotatorios de níquel-titanio utilizados en Endodoncia. En otras palabras, el diseño metodológico tiene la función integral de invocar y analizar críticamente la literatura existente para proporcionar una descripción completa de sus características, ventajas y limitaciones de acceso que pueden ser útiles para los profesionales a la hora de decidir qué sistema usar en cada caso clínico.



Casa abierta al tiempo

En otras palabras, uno de los objetivos clave que se logran a través de este diseño es identificar y sintetizar la evidencia disponible sobre la eficacia y seguridad de los sistemas rotatorios NiTi. En este sentido, se llevaron a cabo investigaciones extensas en las bases de datos de PubMed, Scopus y Elsevier, para obtener datos relevantes. Para ello, se buscó estudios que abarcaran las características de resistencia a la fatiga cíclica, flexibilidad, capacidad de corte y la incidencia de fracturas de los instrumentos en cuestión.

De esta manera, este paso permitió crear un conocimiento actualizado basado en la evidencia para ofrecer una visión integral del rendimiento de cada sistema en diferentes casos clínicos. En segundo lugar, también se buscaba comparar sistemáticamente las características técnicas y clínicas de los sistemas seleccionados. En este sentido, se comparó una serie de instrumentos en base a su diseño, materiales, diferenciales de tratamiento térmico y resultados clínicos. Por lo tanto, esta comparación permitió identificar las ventajas y desventajas de cada sistema.

Otro objetivo relevante fue la evaluación de la calidad de los estudios realizados sobre la cuestión investigada. En este caso, a través de herramientas estandarizadas, se pudo medir su validez tanto interna como externa. Entonces, este paso proporcionó a los investigadores las herramientas necesarias para evaluar la solidez de los estudios y desenterrar el sesgo.

El diseño metodológico identificó áreas de conocimiento que requirieron mayor investigación. Al reconocer las limitaciones y vacíos en la literatura actual sobre los sistemas rotatorios de NiTi, se propusieron nuevas líneas de investigación que contribuyeron al avance de la Endodoncia y a la mejora continua de las prácticas clínicas. Este enfoque proactivo buscó fomentar la generación de conocimiento y la innovación en el campo de la instrumentación endodóntica.

4.1.3. Justificación del diseño.

Creemos que nuestra elección de diseño metodológico, que consistió en una revisión sistemática cualitativa y un estudio comparativo en este contexto de sistemas de níquel-titanio rotatorio en Endodoncia, fue completamente justificada. En conjunto, estos dos abordajes metodológicos nos permitieron leer de manera crítica la literatura existente en su totalidad y resumir todas las características, ventajas y desventajas de cada sistema. Uno de los objetivos de este análisis y síntesis consistió en proporcionar una guía para la toma de decisiones a los profesionales, difundiendo información procesable sobre qué instrumento elegir para la situación clínica particular para mejorar la calidad de la atención en Endodoncia^{84,85}.

La razón por la que elegimos una revisión sistemática cualitativa como parte de nuestro diseño metodológico es que puede reunir, evaluar y sintetizar estudios anteriores de una manera estructurada y transparente. Este enfoque ha revelado



Casa abierta al tiempo

patrones y variaciones, y ha identificado lagunas en el conocimiento vigente relevante para fundamentar decisiones clínicas en base a la evidencia más sólida disponible. Siguiendo las pautas de nuestra metodología, incluimos solo ensayos pertinentes y de alta calidad, lo que da como resultado la validez de nuestras afirmaciones.

Además, el uso de una revisión sistemática identificó las áreas en las que se necesita más investigación, fomentando así avances futuros en Endodoncia. La razón por la que decidimos incluir un estudio comparativo en nuestra metodología se fundamenta en su habilidad para enfocarse en las diferencias y similitudes en los sistemas de níquel-titanio rotatorios específicamente. Tal enfoque ha sido crucial para evaluar cuestiones técnicas y clínicas, como el diseño de los instrumentos, los materiales, los procesos térmicos y la eficacia basada en la evidencia clínica. Al comparar estos parámetros uno al lado del otro, determinamos altos y bajos para los sistemas específicos, lo que proporcionó la información más valiosa a los profesionales para promover la práctica clínica informada. Este enfoque de análisis comparativo sistemático nos ha permitido mejorar los procedimientos de Endodoncia específicos y mejorar los resultados terapéuticos.

La justificación de este diseño metodológico radicó en su capacidad para abordar de manera integral y crítica la evaluación de los sistemas rotatorios de NiTi en Endodoncia. Al combinar una revisión sistemática cualitativa con un estudio comparativo, se logró una comprensión profunda y detallada de los instrumentos disponibles, lo que repercutió positivamente en la práctica clínica y en la calidad de los tratamientos endodónticos. Este enfoque metodológico robusto y bien fundamentado aseguró que las conclusiones de nuestra investigación se basaran en evidencia sólida y relevante, contribuyendo al avance del conocimiento en el campo de la Endodoncia.

4.2. Criterios de inclusión y exclusión

4.2.1. Criterios de inclusión.

Para que la información utilizada fuera relevante y de alta calidad, los criterios de inclusión definidos facilitaron la selección de estudios con un diseño metodológico consolidado y datos aplicables al análisis de los sistemas rotatorios de NiTi. En este sentido, solo se eligieron aquellos con una fecha de publicación dentro de la última década para que la evidencia presentada fuera la más reciente y relevante. Al considerar la instrumentación endodóntica, todos los instrumentos se han actualizado para incluir tecnologías más efectivas y seguras.

Del mismo modo, se incluyeron la cantidad e ingesta de pacientes sometidos a un tratamiento endodóntico con sistemas rotatorios de NiTi, independientemente de su edad y género, siempre que se obtuviera información clínicamente relevante.



Finalmente, se incluyeron estudios in vitro sobre la resistencia, flexibilidad y efectividad de los instrumentos, ya que proporcionaron una piedra angular para la comparación entre los sistemas. En este sentido, la combinación de estudios clínicos e, in vitro proporcionó una mejor perspectiva de rendimiento bajo diferentes experiencias.

Otro criterio de inclusión crucial se refiere a la calidad metodológica de los estudios; únicamente se consideraron diseños de investigación apropiados, como ensayos controlados aleatorios o ensayos clínicos, estudios observacionales adecuados, revisiones sistemáticas y metaanálisis. Al elegir estos diseños, los estudios garantizan la calidad de los datos y la disminución en los puntajes de sesgo al interpretar los resultados. Además, los estudios deben haber informado resultados clínicos, como la tasa de éxito del tratamiento, la incidencia de fractura de la lima, la limpieza residual y la eliminación del conducto radicular.

Finalmente, para hacer que la información sea accesible, solo se tuvieron en cuenta los estudios publicados en los idiomas inglés y español. Los idiomas mencionados son los más comunes en el área científica y tienen una colección importante de la bibliografía en Endodoncia, lo que garantiza que los datos recopilados serían suficientes para su análisis e implementación en la investigación.

4.2.2 Criterios de exclusión.

Para complementar, se han establecido ciertos criterios de exclusión para no tener en cuenta los estudios que no cumplen con los requerimientos metodológicos o de relevancias. Uno de los posibles fue la falta de relevancia del contenido, por lo que estaban bajo el requerimiento las investigaciones que no presentaron el uso de los sistemas rotatorios de NiTi en la Endodoncia o algunas técnicas de instrumentación diferentes. También se consideraron los que estaban solo dedicados a la instrumentación manual o a las tecnologías ya desechadas, porque en ese caso, no era relevante la información para comparar con los sistemas rotatorios actuales.

Otro pudo ser la debilidad metodológica, por lo que no se tuvieron en cuenta los estudios con diseños poco estructurados, como informes de casos individuales, series de casos sin controles adecuados o revisiones narrativas de la literatura sin una metodología sistemática. A pesar de que tal tipo de literatura puede mostrar algunos datos interesantes en ciertas situaciones, no ofrece suficiente rigor científico a los datos para considerarlos con la revisión sistemática. También fueron excluidos los estudios que no describieron sus técnicas e instrumentaciones, especialmente aquellos sin mostrar los procesos e información del uso de los sistemas estudiados.

Además, la revisión optó por excluir estudios con poblaciones irrelevantes para la investigación. Esto implicó descartar aquellos que solo examinaron modelos animales o utilizaron técnicas de instrumentación en dientes artificiales sin correlación clínica con la práctica ambulatoria.



Si bien se consideraron estudios in vitro, solo se incluyeron en la revisión aquellos que aportaron información sobre la instrumentación clínica en la práctica clínica real.

También se excluyeron los estudios que no informaron resultados clínicos específicos o que presentaron información insuficiente para el análisis comparativo. En casos particulares, las investigaciones revisadas no proporcionaron información clara sobre la eficacia, la resistencia o el uso de la flexibilidad de los sistemas rotatorios evaluados, lo que las hizo inútiles para revisar comparaciones de instrumentación. Además, se descartaron aquellos estudios sin una población representativa lo suficientemente grande, ya que sus hallazgos no se pudieron extrapolar adecuadamente a la práctica clínica.

Por último, se excluyeron publicaciones duplicadas o versiones previas de estudios ya incluidos en la revisión. En los casos en que el mismo estudio se publicó en más de una fuente, se seleccionó la versión más actualizada y completa para evitar análisis de datos redundantes. Este criterio garantizó que cada referencia utilizada en la investigación presentara información única y relevante para mejorar la calidad del análisis comparativo de los sistemas rotatorios NiTi.

4.3. Estrategia de búsqueda de literatura.

4.3.1. Bases de datos consultadas.

Para garantizar esta búsqueda exhaustiva y sistemática de literatura, seleccionamos las bases de datos de PubMed, Scopus y Elsevier como uno de los más relevantes y confiables para el campo de estudio de la Odontología y ciencias de la salud en general. Las tres plataformas son ampliamente conocidas por su extensa cobertura de trabajos científicos y un estricto sistema de indexación, lo que elimina la probabilidad de falta de contenido relevante. Con ayuda de estas bases de datos, pudimos encontrar una gran cantidad de trabajos sobre los sistemas NiTi rotatorios, lo que facilitó nuestra recopilación de información.

PubMed, que es administrado por la Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU., es una de las bases de datos más grandes y accesibles en biomedicina y salud (Orduña et al, 2018) y que por lo tanto era imprescindible para nuestra investigación. Scopus es otra base de datos importante para nuestra revisión, ya que es multidisciplinaria y tiene una funcionalidad de búsqueda avanzada. Los lectores pueden acceder a una colección masiva de libros y revistas científicos en Elsevier, y, por lo tanto, este recurso fue adecuado para nuestra recopilación porque tenía información reciente y bien presentada.

En general, el uso de estas tres bases de datos nos dio la oportunidad de lograr una perspectiva integral del tema estudiado con la ayuda de la recopilación de literatura complementaria. Además, debido al uso de varias fuentes, los resultados no pudieron verse afectados por la elección incorrecta de bases de datos. Las tres fuentes son adecuadas para nuestra revisión y aseguraron la calidad.



Casa abierta al tiempo

4.3.2. Palabras clave y operadores booleanos.

Para la construcción de una estrategia que nos permitiera hacer una búsqueda efectiva se seleccionaron cuidadosamente las palabras clave que, acompañadas por el uso correcto de los operadores booleanos necesarios. Los términos claves con los que contábamos y abarcaban lo que necesitábamos investigar son 'Sistemas rotatorios de Níquel-Titanio', 'Instrumentación endodóntica', 'Resistencia a la fatiga cíclica' y 'flexibilidad de instrumentos NiTi'. Estos términos los elegimos porque consideramos que abarcan los matices más relevantes de nuestra investigación y nos aseguran estudios que realmente sean pertinentes.

Asimismo, se usaron operadores booleanos AND, OR y NOT para posibilitar la combinación de tales términos y adecuar la búsqueda a nuestras necesidades. Se llevaron a cabo combinaciones de palabras clave como 'níquel-titanio AND sistemas rotatorios' y 'instrumentación endodóntica OR preparación del conducto radicular' con el fin de ampliar y restringir la búsqueda, respectivamente. De esta manera, pudimos encontrar información de forma eficiente y centrarnos solo en los estudios que realmente aportaron valor a nuestra revisión.

También se consideró el uso de términos MeSH en la búsqueda de datos en PubMed en argumento a la recuperación de artículos indexados bajo descriptores específicos, firebase Jobs, oracle acs. Eso encaminó a una búsqueda más precisa y evitó que se omitieran estudios relevantes debido a una búsqueda desorganizada.

4.3.3. Criterios de selección de estudios.

La forma de aplicación de criterios de selección claros y chispeantes fue esencial para asegurar la calidad y la relevancia de los estudios revisados. Las inclusiones establecieron diferentes aspectos del estudio, la población, las intervenciones y los resultados. Por ejemplo, los ensayos clínicos controlados y los estudios observacionales proporcionaron la efectividad de los sistemas rotatorios de NiTi en los procedimientos de tratamiento dando con resultados que puedan medirse, como la resistencia de los instrumentos y los resultados temporales.

Además, las pautas de exclusión delimitaron los estudios que no cumplían con la calidad de la metodología necesaria o que no añadían evidencia subsiguiente para su revisión. Se excluyeron arbitrariamente estudios con mediciones de baja calidad o estudios en los que no se proporcionaron datos suficientes para el análisis. Esta rigurosidad en la selección de estudios fue indispensable para limitar la retrospectiva y garantizar la validez.

En términos de aplicación, el proceso de entrada fue una evaluación en diferentes etapas, una evaluación de títulos y resúmenes para evaluar los estudios potencialmente elegibles, y una evaluación del texto completo de la literatura seleccionada postoriginal.



4.4. Consideraciones éticas

La Ética es parte fundamental en cualquier investigación, especialmente en el campo de la salud, debido a que todo proceso de investigación debe llevarse a cabo de manera ética, respetando los principios de integridad, responsabilidad y transparencia, entre otros. En el caso de la presente investigación sobre sistemas rotatorios de níquel-titanio en Endodoncia, el proceso fue ético desde la toma de los datos, ya que estos se recopilaron de fuentes legítimas, sin comprometer la privacidad de las personas involucradas en los estudios realizados de los que se tomaron los resultados.

Tanto la revisión sistemática como el estudio meramente comparativo se basaron en investigaciones previas adecuadas y publicadas en revistas científicas certificadas, lo que descartó la intervención lícita directamente con pacientes y así mismo, disminuyó la posibilidad de conflictos éticos con este tipo de procesos, como los riesgos asociados a la experimentación en seres humanos. De igual manera, se respetaron los principios de justicia, beneficencia y no maleficencia, debido a que la información no solo fue para el beneficio del conocimiento, sino también para una mejora en el campo endodóntico clínico.

En cuanto a la justicia, todos los estudios disponibles y aplicados se eligieron de forma imparcial, evitando el sesgo que pudiese favorecer ciertos resultados. La beneficencia y la no maleficencia se garantizaron con la optación crítica e imparcial de los datos, sin que estos se modifiquen o manipulen para llegar a una conclusión predeterminada. Por otro lado, el respeto a la integridad de los descubrimientos científicos fue fundamental, ya que el propósito fue aportar información científica a la evidencia clínica por mejorar de los tratamientos endodónticos. La integridad académica y el respeto a los derechos de autor también fueron factores éticos considerados durante el desarrollo de esta investigación.

Todas las fuentes utilizadas estaban debidamente citadas y referenciadas en base a los estándares internacionales de citación en formato Vancouver. No hubo plagio ni mala utilización de conceptos, lo que garantizó que toda la información fuera respaldada por la literatura académica. Además, se aseguró de que los estudios a implementar dentro de la revisión sistemática fuesen éticos, revisando que todos contaran con un comité regulador con autorización y derechos de los participantes sobre la situación analizada en los artículos de investigación iniciales. La presente investigación se realizó bajo normas éticas internacionales que fueron encolumnadas de manera exacta, como la Declaración de Helsinki y las directrices del Comité de Ética de Investigación en Salud, utilizadas para fortalecer el proceso metodológico con el respaldo ético.



Casa abierta al tiempo

Capítulo V: Resultados

En resumen, como se mencionó anteriormente, puede concluirse que el análisis de los datos extraídos de esta investigación proporcionó una visión general comprensible y estructurada del comportamiento de los sistemas rotatorios de NiTi en Endodoncia. A través de la revisión sistemática y el estudio comparativo, se revelaron las especificaciones técnicas más importantes de cada sistema y sus efectos sobre la instrumentación del canal radicular. Específicamente, el sumario de los datos recolectados hizo posible obtener conclusiones sobre la resistencia a la fatiga cíclica, la flexibilidad, la capacidad de corte y la seguridad clínica de los instrumentos específicos. Todas estas mediciones resultaron apropiadas para identificar las fortalezas y debilidades de cada sistema en comparación, lo que, en mi opinión, es un aspecto muy útil que mejoraría la formación de opiniones de los endodoncistas sobre el sistema que se adapta a su escenario clínico ideal.

Por otro lado, la información más crucial revelada a través del presente estudio fue la efectividad de los tratamientos térmicos en el comportamiento del NiTi loteado. Específicamente, los sistemas avanzados de fase Blue y Gold demostraron una mayor resistencia a la fatiga cíclica, y, por lo tanto, una mayor flexibilidad en comparación con los sistemas Níquel-Titanio convencionales. Esta situación ejemplifica los avances en la metalurgia de los instrumentos que han conducido a resultados más seguros, especialmente con menos riesgo de fractura durante la instrumentación. Además, se observó una mayor capacidad de eliminación de desechos de estos instrumentos con conicidad alterna, ya que se eliminó detritos y residuos del canal de forma excelente, permitiendo una limpieza y conformación óptimas.

Otro aspecto relevante identificado en esta revisión fue la variabilidad en el torque y la velocidad de rotación recomendados en cada sistema. En algunos casos, como en los sistemas Blue y Zarc, se necesitaban valores específicos de torque y velocidad para garantizar un trabajo eficiente y evitar sobrecargas mecánicas que pudieran comprometer la integridad del instrumento. Por lo anterior, no solo es necesario abordar la anatomía posible del conducto, sino también las condiciones técnicas de operación de cada sistema, aspecto que se aborda adecuadamente a través de un apropiado protocolo de instrumentación. Finalmente, la evidencia recopilada mostró que los sistemas con diseños innovadores de la punta asociados a mayor flexibilidad en la apertura y cierre de las espiras resultaron ser los que mejor se adaptaron a la anatomía compleja de la mitad apical evitando la posibilidad de errores técnicos y mejorando los resultados clínicos.

La elección del tipo de sistema rotatorio de NiTi en el ámbito clínico se vio influenciada por la experiencia del cirujano y por el tipo de caso que presentaba su paciente en su consulta. Los profesionales más experimentados preferían la utilización de sistemas más flexibles y que sean menos propensos a la fatiga cíclica.



Casa abierta al tiempo

Los sistemas con tecnología recíprocante, Reciproc convencional y Blue, fueron los que más se representaron en conductos curvos o calcificados, por su adaptación y orden en la instrumentación para evitar que haya estrés en la estructura dental.

La comparación de los sistemas rotatorios de NiTi permitió identificar no solo las características técnicas y clínicas de cada instrumento, sino que también proporcionó las recomendaciones basadas en la evidencia para su selección y uso en la práctica odontológica. Los datos actuales de la investigación presentada aseguran la base sólida para las futuras líneas de estudio con el objetivo de mejorar la instrumentación endodóntica y aumentar la calidad de la terapia de conducto radicular.

5.1. Análisis comparativo de resistencia y flexibilidad entre los sistemas rotatorios analizados.

El análisis comparativo de resistencia y flexibilidad en los sistemas rotatorios NiTi identificó diferencias clínicamente relevantes entre los instrumentos analizados. La prueba de fatiga cíclica mostró que los sistemas de NiTi preparados con tratamientos térmicos avanzados, como Reciproc Blue y Slim Shaper Zarc, resistieron durante más tiempo que los convencionales. Estas diferencias se debieron a la transformación cristalina de la aleación de NiTi de fase martensítica a austenítica. Como resultado de esta transformación, el instrumento tiene mayor flexibilidad para alcanzar mayores niveles de deformación sin romperse, prolongando así su vida útil y reduciendo el riesgo de fractura en el conducto radicular. En cambio, los sistemas convencionales como Mtwo y Rotate, que también mostraron una excelente capacidad de corte y una gran capacidad para eliminar residuos, presentaron una menor flexibilidad, lo que sugiere que su uso debe ajustarse a un estricto protocolo de control para minimizar los accidentes por fractura.

Además, la flexibilidad de los sistemas rotatorios varió significativamente según el tipo de aleación y el diseño del instrumento. Los sistemas de tratamiento térmico con aleaciones de fase azul o dorada demostraron una mayor adaptabilidad a la anatomía del conducto radicular, especialmente en casos con mayor curvatura. Reciproc Blue y Apical Shaper Zarc siguen mejor la vía central original, creando un conducto radicular de alta calidad, evitando pérdidas y perforaciones laterales. Por el contrario, los instrumentos menos flexibles, como Mtwo, requirieron un diseño de conducto menor y una mayor instrumentación, lo que resultó en una mayor tensión en las paredes del conducto radicular, aumentando así el riesgo de microfisuras en la dentina. En general, una resistencia media a la flexibilidad en las preparaciones puede ser eficaz para proporcionar una preparación lateral y apical adecuada, cuando esté indicado. Los resultados indican que la elección de los sistemas rotatorios de NiTi adecuados debe basarse en la complejidad del caso clínico y en el uso de aquellos que buscan el equilibrio entre resistencia y flexibilidad.



Casa abierta al tiempo

5.2. Cuadro Comparativo de Sistemas de Limas Rotatorias NiTi

SISTEMA	FLEXIBILIDAD	RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA	EFICACIA DE CORTE	CONTROL OPERATORIO	MEMORIA DE FORMA
Reciproc	Alta en curvaturas	Buena, pero menor que Reciproc Blue	Eficiente, rápida por diseño unifilar	Alto control por uso unifilar	Alta superelasticidad
Reciproc Blue	Muy alta (fase Blue)	Muy alta, prolonga la vida útil	Similar a Reciproc, con menor riesgo de fractura	Excelente control en curvaturas pronunciadas	Alta, adaptable por fase martensítica
Mtwo	Media-alta (alta conicidad)	Buena, menor que sistemas con tratamiento térmico	Muy buena, diseño en S y ángulos negativos	Alta evacuación de detritus	Superelasticidad estándar
Rotate	Media	Media	Buena, punta no activa mejora seguridad	Alta seguridad, avance suave	Memoria clásica NiTi
Blue Shaper Pro Zarc	Alta, adecuada en conductos curvos y estrechos	Muy alta	Aceptable, diseño de doble filo	Control adecuado	Memoria controlada
Apical Shaper Zarc	Alta, excelente adaptación apical	Muy alta	Eficiente, precisa en zona apical	Alta precisión, evita extrusiones	Alta (fase martensítica)
Slim Shaper Zarc	Muy alta	Muy alta	Muy buena en curvos y estrechos	Excelente en anatomías complejas	Evita recuperación abrupta

Tabla 1. Comparación técnica y clínica de sistemas de limas rotatorias de Níquel-Titanio (NiTi) utilizadas en endodoncia. Esta tabla resume las principales características técnicas, mecánicas y clínicas de los sistemas Reciproc, Reciproc Blue, Mtwo, Rotate, Apical Shaper Zarc, Slim Shaper Zarc y Blue Shaper Pro Zarc con base en su flexibilidad, resistencia a la fatiga cíclica, eficacia de corte, control operatorio y memoria de forma. Se elaboró con base en la revisión sistemática presentada en el capítulo III.



Casa abierta al tiempo

5.2.1 Parámetros técnicos de uso clínico

Además de las propiedades clínicas evaluadas en los distintos sistemas rotatorios de limas NiTi, es fundamental considerar los parámetros técnicos de operación, como las revoluciones por minuto (RPM) y el torque recomendado, los cuales son establecidos por el fabricante para garantizar un desempeño eficiente y seguro del instrumento. Estos factores influyen directamente en el rendimiento clínico del instrumento y en la prevención de fracturas por fatiga.

Otro criterio relevante en la selección de sistemas rotatorios NiTi es la conicidad, que puede ser constante o variable según el diseño del instrumento. La conicidad determina el grado de ensanchamiento del conducto radicular durante la instrumentación y, por lo tanto, influye en la preservación de la anatomía original, la eliminación de dentina y el control operatorio. Los sistemas con conicidad variable suelen facilitar un avance más progresivo y una mejor evacuación de detritos, mientras que los de conicidad constante permiten un control más predecible en la preparación del conducto.

En la siguiente tabla se presentan los valores sugeridos por los fabricantes para cada uno de los sistemas analizados:

Sistema	RPM recomendados	Torque recomendado (N·cm)	Conicidad
Reciproc / Reciproc Blue	~300 rpm	4–5 N·cm	Variable
Mtwo	280 rpm (250–350 rpm)	1.2–3.0 N·cm según tamaño	Constante
VDW Rotate	300–400 rpm (400 retrat.)	1.3–2.3 N·cm según tamaño	Variable
Slim Shaper Zarc	300–500 rpm	3 N·cm	Variable
Apical Shaper Zarc	150–350 rpm (hasta 500)	2–2.5 N·cm (4 N·cm a 500 rpm)	Variable en apical
Blue Shaper Pro Zarc	~300–500 rpm estimado	2.5–3 N·cm estimado	Variable

5.2.2 Tratamientos térmicos y coloración comercial

A nivel clínico, la coloración comercial y los tratamientos térmicos aplicados al NiTi también desempeñan un papel relevante, ya que afectan propiedades como la memoria de forma, la flexibilidad y la resistencia a la fátiga cíclica^{53,56}. La coloración permite una rápida identificación visual del sistema, mientras que el tratamiento térmico modifica propiedades como la memoria de forma, la flexibilidad y la resistencia a la fatiga cíclica.



Casa abierta al tiempo

La siguiente tabla resume estas características para los sistemas evaluados:

Sistema	Coloración Comercial	Tratamiento Térmico	Significado del Color	Aplicación Clínica
Reciproc	Gris metálico	Convencional NiTi	Sin tratamiento	Uso estándar
Reciproc Blue	Azul	Tratamiento Blue (martensítico)	Mayor flexibilidad y resistencia	Conductos curvos y estrechos
Mtwo	Metálico brillante	Convencional NiTi	Sin tratamiento	Instrumentación múltiple y técnica simultánea
Rotate	Dorado	Control de memoria	Controlado, más predecible	Avance suave, baja extrusión
Apical Shaper Zarc	Rosa	Tratamiento térmico apical	Adaptación en la zona apical	Precisión en trabajo apical
Slim Shaper Zarc	Azul claro	Fase martensítica	Máxima flexibilidad	Conductos con curvaturas complejas o muy estrechos
Blue Shaper Pro Zarc	Azul metálico	Blue Technology	Flexibilidad optimizada y mayor Resistencia a la fatiga cíclica	Preparación rotatoria de conductos curvos, complejos o estrechos con máxima seguridad

5.3. Impacto clínico de los sistemas rotatorios de NiTi en la eficiencia del tratamiento de conductos.

El impacto clínico de los sistemas rotatorios de NiTi en la eficiencia del tratamiento endodóntico se reflejó en la capacidad de cada sistema para reducir el tiempo del operador, mejorar la limpieza del conducto y minimizar la fatiga del operador. Con base en los resultados obtenidos, se identificó que los sistemas de movimiento recíprocante, incluyendo Reciproc Convencional y Reciproc Blue, proporcionaron una ventaja significativa en términos de velocidad y seguridad durante la instrumentación, ya que este diseño permite al operador avanzar en el conducto con menor presión y reduce la evidencia de adherencia al mismo. Además, los diseños innovadores de las puntas, implementados por sistemas como Apical Shaper Zarc, también facilitaron la conformación apical, optimizando la irrigación y la eliminación de restos pulpaes y bacterianos.

Otro factor crítico de eficiencia identificado fue la capacidad de preservar la estructura dental. Se observó que los sistemas más flexibles, incluyendo Slim Shaper Zarc y Rotate, se adaptaron mejor a la anatomía del conducto sin comprometer la integridad de la dentina, lo que redujo el riesgo de perforaciones y debilitamiento estructural. Por el contrario, los sistemas más rígidos tendieron a deteriorar las paredes del conducto, lo que aumentó el riesgo de daño radicular a largo plazo en algunos casos. En general, los hallazgos confirmaron que el sistema rotatorio adecuado para procedimientos endodónticos debe elegirse en función de las necesidades del paciente, siempre que ofrezca seguridad, eficacia y preservación del tejido dental.



Casa abierta al tiempo

Capítulo VI: Discusión

Finalmente, basados en los resultados obtenidos en esta investigación sobre los sistemas rotatorios de níquel-titanio, NiTi, los conductos radiculares, y en la revisión de la literatura, pudimos llegar a generar una opinión más sólida respecto a la evolución y el impacto que estos sistemas tecnológicos han tenido sobre la práctica clínica. La comparación entre los diferentes sistemas rotatorios nos mostró, cómo el avance en los tratamientos térmicos y el diseño de los instrumentales, de manera sustantiva, sin lugar a duda, ha incrementado la resistencia a la fatiga cíclica, la flexibilidad y elecciones en la seguridad en los procedimientos de instrumentación de los conductos radiculares. La Endodoncia ha sido testigo de un desarrollo exponencial en las últimas décadas, y los resultados de este estudio refuerzan el principio en encontrar y seleccionar el sistema de acuerdo con la anatomía del conducto y a las necesidades clínicas del paciente.

De entre los aspectos más relevantes que identificamos a partir de nuestros hallazgos, fue el efecto que tuvo el tratamiento térmico en la mejora del rendimiento clínico de los sistemas de NiTi. En los sistemas en fase Blue y Gold mostraron una mejor adaptabilidad a la curvatura del conducto y mayor resistencia a la fractura en comparación con los sistemas convencionales, esto nos indica que la nueva metalurgia ha permitido desarrollar instrumentales más seguros y duraderos y con menos stress mecánico reduciendo la posibilidad de complicaciones durante los procedimientos de tratamiento endodóntico.

Otro aspecto crucial que surgió de la discusión fue la distinción entre los sistemas de movimiento rotatorio continuo y los sistemas de movimiento reciprocante. Se argumentó que, debido al menor estrés sobre el instrumento y la ausencia de riesgo de fractura, los sistemas reciprocantes como Reciproc Convencional y Reciproc Blue tenían un mejor rendimiento en conductos calcificados y curvos. Por otro lado, los sistemas de movimiento rotatorio continuo, a saber, Mtwo y Rotate, resultaron más efectivos en conductos de mayor amplitud, donde la remoción de detritos y la formación del conducto son más fáciles de practicar.

De este modo, se puede concluir que no hay un sistema universalmente mejor, y es necesario utilizar el instrumento dependiendo de las particularidades del caso clínico. La conicidad de los sistemas rotatorios fue otro tema significativo de esta investigación. Los sistemas con conicidad alterna, en este caso Slim Shaper Zarc y Apical Shaper Zarc, permitieron una mejor eliminación de detritos, facilitando la penetración del sistema irrigador en el interior del conducto. Los sistemas con conicidades iguales proporcionaron una mejor conformación; sin embargo, en algunos casos provocaron un mayor desgaste de las paredes dentinarias. Este descubrimiento resalta la necesidad de entender los fundamentos técnicos de los instrumentos y emplearlos en función del tipo de anatomía del conducto radicular.



Casa abierta al tiempo

Desde una perspectiva clínica, los resultados del presente estudio indican que la experiencia del operador influye en la elección y manejo de los sistemas rotatorios de NiTi. De menor a mayor trayectoria, los endodoncistas prefirieron los sistemas que brindaban mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica, al tiempo que los operadores con menos experiencia prefirieron herramientas que ofrecían mayor control de torque y seguridad en la instrumentación. Por lo que, se destaca la necesidad de una educación continua en el uso de nuevas tecnologías para permitir a los profesionales mejorar su desempeño y reducir el riesgo de errores técnicos durante la instrumentación del conducto radicular.

Otro apunte de reflexión fue la relación entre la instrumentación rotatoria y la calidad de la limpieza del conducto radicular. A pesar de que los sistemas rotatorios de NiTi han demostrado mejorar la conformación del canal, la efectividad del tratamiento sigue dependiendo del protocolo de irrigación concomitante. Si bien los sistemas más avanzados lograron reducir la acumulación de detritos dentro del conducto, fallaron cuando no se utilizó la irrigación. Por lo que, se reafirma que, para asegurar el éxito del tratamiento, la instrumentación debe combinarse con protocolos de irrigación adecuada.

Los resultados de este estudio también sugieren nuevas oportunidades de investigación para futuros perfeccionamientos de la instrumentación endodóntica. Por un lado, los hallazgos demuestran que, si bien los sistemas actuales han logrado avances notables en flexibilidad y seguridad, los desafíos relacionados con la preservación de la dentina y la reducción del riesgo de microfracturas radiculares siguen siendo significativos. Por lo tanto, los futuros estudios podrían centrarse en el desarrollo de materiales de instrumentación y diseños innovadores que sigan mejorando la instrumentación del conducto, así como la durabilidad de los instrumentos y el impacto en la estructura dental.

La instrumentación rotatoria NiTi ha demostrado ser beneficiosa en la clínica endodóntica moderna, pero la elección del sistema adecuado se basa en varios criterios técnicos. Además, la resistencia, flexibilidad, tipo de conicidad, movimiento rotatorio, experiencia del operador y muchas otras condiciones del conducto también deben tenerse en cuenta al elegir el instrumento.

Los resultados de este estudio presentan una base de evidencia actualizada para la toma de decisiones y subrayan la importancia de la evidencia basada en la investigación, en la optimización y elección de procesos endodónticos.



Casa abierta al tiempo

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES.

En general, el desarrollo de esta investigación proporcionó una comprensión a fondo de la evolución, las características y el desempeño clínico de los sistemas rotatorios de níquel-titanio y NiTi en la Endodoncia, facilitando así una base firme para el manejo de la toma de decisiones en la instrumentación de los conductos radiculares. La revisión sistemática y el análisis comparativo revelaron adecuadamente que la elección del sistema correcto no solo se basa en las propiedades técnicas del instrumento, sino también en la destreza del operador, la anatomía del conducto en cuestión y la estrategia de instrumentación empleada. Este estudio destacó específicamente que la Endodoncia moderna ha avanzado sustancialmente con la adquisición de sistemas rotatorios más seguros, eficientes y con la capacidad de adaptarse a la anatomía dental.

Además, un resultado clave encontrado en la investigación fue el impacto de los tratamientos térmicos en la mejora del rendimiento de los sistemas NiTi rotatorios. La instrucción que pasó por los tratamientos térmicos de fase azul y dorada tuvo una mayor flexibilidad y resistencia de fatiga cíclica con una disminución notoria en el riesgo de fractura. Esta es una característica vital ya que la longevidad y capacidad del instrumento para concurrir con las curvaturas influye directamente en la seguridad y eficacia del procedimiento endodóntico. Esto establece que las variantes con mayor estabilidad térmica son óptimas para la instrumentación en casos de conductos complejos.

Por otra parte, la comparación de los sistemas activados por movimiento continuo de rotación con los sistemas reciprocantes demostró una vez más que no existe un único sistema ideal para todas las situaciones clínicas. Mientras que el Reciproc Blue y el Reciproc Convencional se lucieron al instrumentar conductos con anatomías complejas, reduciendo la fatiga del operador y el tiempo clínico, cuando se utilizó el Mtwo y el Rotate se obtuvo una mejor calidad en la remoción de detritos y en la conformación del conducto radicular en caso de menor curvatura. Estos resultados insinúan que la elección, una vez más, depende de las características de cada caso clínico, permitiendo así optimizar el procedimiento según la anatomía y necesidades del paciente.

Otro hallazgo importante que surgió de este estudio fue el impacto de la morfología del instrumento rotatorio en la calidad del instrumento. Los instrumentos con morfología de conicidad alterna, como Slim Shaper Zarc y Apical Shaper Zarc, ofrecieron una ventaja en términos de limpieza y penetración del irrigante, lo que resultó en una mejor desinfección del conducto radicular. Mientras los sistemas con conicidad normal proporcionaron una instrumentación uniforme; en varios casos aumentaron la remoción de dentina; esta diferencia resalta la importancia de elegir



la conicidad adecuada al procedimiento, en un intento por mantener la integridad de la dentina y compensar el tiempo clínico.

En cuanto a la seguridad, los sistemas de NiTi disminuyeron el riesgo de errores mecánicos en el curso de la instrumentación endodóntica. La fractura de los instrumentos, a pesar de un aumento en la resistencia a ella, sigue siendo un problema clínico considerable para todos los sistemas NiTi utilizados, incluso los más recientes, en conductos calcificados o con obturaciones excesivas. La resistencia a la fatiga cíclica varió para los diferentes sistemas, lo que subraya la importancia de seguir protocolos adecuados de instrumentación y usar instrumentos con alta capacidad de recuperación elástica para disminuir la incidencia de fracturas. Además, el control adecuado de velocidad y torque se mantuvo como una medida esencial para prolongar la vida útil del instrumento.

Desde una perspectiva clínica, los hallazgos de este estudio refuerzan cualquier declaración de que la experiencia del operador es un factor crucial en la selección y el uso adecuado de los sistemas rotatorios de NiTi. Los endodoncistas más capacitados en este estudio elegirán instrumentos más flexibles de mayor resistencia a la fatiga cíclica. Esto contrasta con los operadores menos capacitados, que confían en sistemas que ofrecen mayor seguridad y protección de la fractura. Una nueva propiedad se basa en la resistencia al uso incorrecto del sistema; sin embargo, el contenido actual no es suficiente para describir este aspecto.

El otro punto de análisis fue la relación entre la instrumentación rotatoria y la efectividad de la desinfección del conducto radicular. Aunque se llegó a resultados que afirmaban que la instrumentación mecánica contribuye a una mejor eliminación de los restos pulpaes y bacterianos, se identificó que los resultados dependen en gran medida de la estrategia de irrigación. Si bien algunos sistemas lograron optimizar la eliminación de detritos de citas, el impacto en la descontaminación del conducto fue significativo solo cuando se combinaron con la irrigación adecuada. Esto destaca la integración de la instrumentación precisa con la irrigación eficiente para garantizar el éxito del tratamiento.

La presente investigación confirma que los sistemas rotatorios de NiTi han revolucionado la Endodoncia moderna al proporcionar una instrumentación del conducto radicular más segura, eficiente y flexible. Sin embargo, la elección del sistema debe ser individual, según los factores como las necesidades del paciente, la anatomía del conducto y la experiencia del operador. Al mismo tiempo, aclaró la importancia de la investigación continua para optimizar los instrumentos y protocolos de instrumentación para mejorar los resultados clínicos y preservar la estructura dental durante el tratamiento endodóntico.



Casa abierta al tiempo

Relevancia de los sistemas rotatorios de NiTi en la optimización de los tratamientos endodónticos.

Los resultados obtenidos de esta investigación confirman que el uso de sistemas rotatorios Ni-Ti ha sido un hito en el campo de la Endodoncia moderna y ha mejorado la instrumentación del conducto radicular y la predictibilidad del tratamiento. De hecho, la evolución ha permitido superar varias limitaciones comunes que acompañan la instrumentación manual, como la eficiencia de la remoción del tejido necrótico, el tiempo reducido de operación en sí y la adaptación a las peculiaridades anatómicas del conducto. La introducción de tratamientos térmicos manifestados de los instrumentos de NiTi ha mejorado rápidamente su resistencia mecánica, lo que significa que se abolió una causa común de preocupación, a saber, la fractura de esos instrumentos durante un procedimiento. Por lo tanto, también se han mejorado los abordajes de los instrumentos para conductos desafiantes y curvos.

Además, vale la pena señalar que la instrumentación rotatoria ha abordado de forma muy efectiva un problema que ha plagado y desafiado durante mucho tiempo a los endodoncistas: el deseo de preservar al máximo la estructura del diente. La instrumentación rotatoria moderna ha confirmado durante un período bastante corto su capacidad para infligir una cantidad mucho menor de desgaste innecesario en las paredes del conducto radicular; por lo tanto, no se produjo el debilitamiento estructural que puede traducirse en la vida más corta del diente.

Finalmente, también ha habido avances notables respecto a la importancia de la irrigación como parte fundamental del protocolo del tratamiento de conductos.

Al mismo tiempo, la preparación de conductos sigue siendo tanto o incluso más precisa gracias a la flexibilidad de los materiales, lo que elimina la necesidad de rectificar excesivamente el diente durante la instrumentación, lo que facilita su integración con la irrigación y la etapa de obturación. Además, la relevancia de tales sistemas en la práctica clínica también radica en el cambio de la incidencia de complicaciones postoperatorias. Los bajos riesgos de fatiga cíclica permiten procesos más seguros al reducir la incidencia de iatrogenias como la perforación del conducto, el transporte o ambos.

Es sabido que la reducción de las tasas de dolor postoperatorio puede ser un factor crítico para la satisfacción del paciente y, a su vez, para la confianza general de los pacientes en la Endodoncia. El desarrollo técnico de este tipo de instrumentos ha sido una base para todos los cambios en la especialidad, que se han vuelto más orientados a las tecnologías y seguros. Puede decirse que: Aunque la revolución causó olas en la profesión, es importante recordar que todavía depende de la experiencia individual, la anatomía del diente y la técnica de instrumentación y la elección del equipo. Los hallazgos de esta investigación ciertamente confirmaron la necesidad de una elección basada en la evidencia y cuidadosa del sistema rotatorio, de modo que ningún procedimiento endodóntico podría realizarse sin la herramienta óptima.



Casa abierta al tiempo

Recomendaciones.

Los hallazgos de la presente investigación han permitido que se establezcan una serie de recomendaciones aplicables a los profesionales en Endodoncia, a los investigadores y a los fabricantes de sistemas rotatorios de níquel-titanio (NiTi). Los tipos de recomendaciones emitidas pretenden optimizar la fase de selección y de uso de las limas endodónticas, así como fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyan al mejoramiento continuo en la instrumentación rotatoria. Dado que el campo de la Endodoncia según evolucionen los materiales y el empleo de innovadoras técnicas, será necesario seguir actualizándose en las directrices de la instrumentación para garantizar el rendimiento clínico basado en la eficiencia y en la seguridad.

Primero, se hace la recomendación de que los endodoncistas y odontólogos generales elijan el sistema rotatorio de NiTi conforme a la anatomía radicular y las características clínicas del paciente. No todos los sistemas funcionan bajo el mismo nivel de eficiencia en cualquier otra situación, por lo que será necesario evaluar el grado de curvatura, presencia de calcificaciones y estructura interna del conducto, previo al uso de un sistema dado. Los sistemas Reciproc Blue y Slim Shaper Zarc, proporcionan mayor flexibilidad en los endodoncistas con curvaturas radiculares definidas y con calcificaciones, haciendo que su uso sea mucho más seguro y que se eviten las fracturas de las limas.

Por otro lado, cuando el conducto es amplio y de trayectoria rectilínea, los sistemas Mtwo y Rotate promueven mayor eficacia en la eliminación de residuos y material destruido, factor que las hace mucho más eficientes y veloces.

Otra recomendación importante es mantenerse actualizado respecto de los avances recientes en la instrumentación rotatoria. El campo de la Endodoncia es uno en constante evolución, y cada año se introducen mejoras en los tratamientos térmicos y transformaciones en el diseño de los instrumentos. Los profesionales deberían estar preparados para utilizar sistemas de nueva generación, especialmente aquellos que incluyen aleaciones en fase Blue y Gold. Esto mejorará el desempeño clínico y reducirá las complicaciones durante la instrumentación. La mejor forma de mantenerse actualizado es asistir a congresos, cursos de especialización y programas de educación continua, donde se presenten las últimas innovaciones en la metalurgia de NiTi y sus aplicaciones en la práctica de la Endodoncia. Los fabricantes también deberían ofrecer programas de educación y entrenamiento para los profesionales, de modo que se garantice un uso apropiado de los instrumentos y de sus beneficios para el clínico.

Se hace hincapié en utilizar protocolos de instrumentación estandarizados. Si bien las investigaciones han demostrado que la mejora de los tratamientos térmicos en los sistemas de NiTi redujo la fatiga cíclica posterior, la fractura de la lima sigue siendo un riesgo en la práctica clínica. Dichos sistemas deberían usarse junto con valores como bajo control de torque y velocidad ajustados y diversas estrategias de instrumentación que minimicen la carga mecánica en el instrumento. Finalmente, el



Casa abierta al tiempo

uso de la radiografía resulta imprescindible para evaluar la anatomía del canal radicular y determinar el sistema ideal para el procedimiento, mejorando la seguridad y eficacia.

Una posibilidad desde el punto de vista clínico radica en utilizar estrategias de irrigación que complementen la instrumentación rotatoria e incrementen su efectividad.

Pese a que los sistemas rotatorios de NiTi han mejorado sustancialmente la limpieza y conformación del conducto radicular, la erradicación de bacterias y detritus necróticos es muy dependiente de la irrigación. Por ende, el uso de agentes irrigadores como hipoclorito de sodio (NaOCl), aplicados con ultrasonido o sistemas de irrigación dinámica, es recomendado para asegurar una descontaminación total del sistema de conductos. La activación del agente irrigador incrementa su penetración en zonas inaccesibles, facilitando la eliminación del detrito, aumentando calidad del tratamiento endodóntico y disminuyendo el riesgo de fracasos postintervención.

Asimismo, Continuar con el desarrollo de productos debería ser un objetivo para los fabricantes de instrumentos endodónticos. Los tratamientos térmicos han mejorado la dureza y flexibilidad de los instrumentos de NiTi, pero aún restan desafíos en cuanto a la resistencia de la dentina y el desgaste del conducto radicular. Es conveniente que la industria prosiga en la búsqueda de aleaciones y diseños novedosos que minimicen el impacto sobre la dentina y consecuentemente la posibilidad de fracturas radiculares. La inclusión de nanotecnología y recubrimientos de avanzada se vislumbra como un camino promisorio en el desarrollo de instrumentos más fuertes y cortantes.

Otra recomendación relevante es que los profesionales de la odontología apoyen de manera más abierta la investigación clínica basada en evidencia para una evaluación más objetiva del desempeño real de los sistemas rotatorios de NiTi en diferentes contextos clínicos. Aunque los estudios in vitro son valiosos para comprender la resistencia y flexibilidad de los instrumentos, los datos recopilados en pacientes reales son necesarios para validar los resultados y mejorar los protocolos de instrumentación. Sería beneficioso promover la realización de ensayos clínicos que comparen el impacto de los distintos sistemas en el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico y permitan elaborar pautas clínicas basadas en la evidencia científica.

También se recomienda que las instituciones educativas agreguen más información sobre la selección y uso de los sistemas rotatorios de NiTi en los programas de especialización en Odontología. Dado que la experiencia del operador es crítica para la seguridad y eficacia de la instrumentación rotatoria, enseñar estas técnicas en la universidad mejoraría significativamente la calidad del tratamiento en el futuro. La educación formal debe constar de teoría y práctica para que los estudiantes estén familiarizados con los sistemas rotatorios en el mercado y puedan desarrollar habilidades necesarias para su uso.



Casa abierta al tiempo

Además, los niveles universitarios deben tener colaboraciones con la industria para que los estudiantes reciban una introducción adecuada a la instrumentación mecanizada.

Con la aplicación de todas las recomendaciones descritas, se logrará perfeccionar el uso de los sistemas rotatorios de NiTi en la Endodoncia, logrando hacer más seguros, eficientes y predecibles los tratamientos de conductos radiculares. La continua actualización en nuevas tecnologías, desarrollo de protocolos de instrumentación basados en la evidencia y en fortalecimiento de la educativa en Endodoncia: factores claves en la búsqueda por lograr los mejores beneficios de la instrumentación rotatoria, y así, brindar a nuestros pacientes la mejor atención posible. La Odontología seguirá descubriendo en el tiempo, con su constante innovación siendo nuestra responsabilidad mantenerse en dicha búsqueda, para perfeccionar día a día nuestros valores de seguridad, eficiencia y durabilidad.

Importancia de la capacitación y educación continua en el uso de sistemas rotatorios de NiTi.

La experiencia del operador y su formación son, por lo tanto, uno de los factores determinantes para el éxito de la instrumentación rotatoria de NiTi y resaltan la necesidad de un aprendizaje continuo. Aunque la tecnología de los instrumentos se ha desarrollado de manera significativa, la falta de conocimiento acerca de las cualidades técnicas del mismo y los protocolos operativos pueden llevar a la falla de la instrumentación, aumentando así el riesgo de fractura del instrumento o daño a la estructura radicular.

En consecuencia, los endodoncistas y los especialistas deben participar de forma regular en programas de actualización, seminarios, y talleres que les brinden una oportunidad para mejorar sus habilidades y aprender sobre las innovaciones más recientes relativas al uso de los sistemas de NiTi rotatorios. Las universidades y programas de enseñanza postgrados deberían proveer a sus estudiantes con un entrenamiento práctico y exhaustivo relativo a la instrumentación rotatoria desde los primeros años de estudio.

Algunos estudios han demostrado que los operadores con entendimiento mejorado de la instrumentación mecánica realizan procedimientos más seguros, eficientes y económicamente factibles que la técnica manual convencional. La práctica de la instrumentación rotatoria debería desglosarse de vídeos de procedimientos en línea o en clase de discusión colectiva y talleres prácticos y “realidad” basados en casos clínicos, simuladores virtuales y modelos dentales. Los estudiantes deben ser expuestos con variedad de escenarios clínicos para que puedan apreciar cómo los instrumentos demuestran trabajar en varios escenarios y puedan así comprender su funcionalidad.



Casa abierta al tiempo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endod Topics [Internet]. 2005;10(1):3–29. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x>
2. Endodoncia PTDPARC. Anatomía Dentaria aplicada a la Endodoncia [Internet]. Uba.ar. [citado el 5 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://od.odontologia.uba.ar/uacad/endodoncia/docs/2017/presentacion14-3.pdf>
3. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod [Internet]. 2004;30(8):559–67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.don.0000129039.59003.9d>
4. Peiris HRD, Pitakotuwage TN, Takahashi M, Sasaki K, Kanazawa E. Root canal morphology of mandibular permanent molars at different ages.. Int Endod J [Internet]. 2008;41(10):828–35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01428.x>
5. Hargreaves KM, Cohen S, editores. Cohen Vías de La Pulpa, Elsevier Health Sciences; 2011. Página 142
6. Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper: Single-file systems - shaping and cleaning. Int Endod J [Internet]. 2012;45(5):449–61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x>
7. Silva EJNL, Sá L, Belladonna FG, Neves AA, Accorsi-Mendonça T, Vieira VTL, et al. Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. J Endod [Internet]. 2014;40(12):2077–80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.009>
8. Araujo R, Vega M. Premolares con tres conductos radiculares. Rev Estomatol Hered [Internet]. 2024;34(1):55–62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20453/reh.v34i1.5330>
9. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography: Canal preparation assessed by micro-CT. Int Endod J [Internet]. 2001;34(3):221–30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00373.x>
10. Barasona, D. P. (2012, marzo 12). Conductos calcificados. Blogspot.com. <https://endodoncialdia.blogspot.com/2012/03/conductos-calcificados.html>



Casa abierta al tiempo

11. Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review of the literature. *Int Endod J* [Internet]. 2019;52(8):1138–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13115>
12. Valencia R. Aplicaciones del volumen de endodoncia en el CBCT [Internet]. RD3D. RD3D Valencia; 2024 [citado el 17 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.rd3dvalencia.es/2024/01/25/aplicaciones-del-volumen-de-endodoncia-en-el-cbct/>
13. Peters, O. A., Laib, A., Rügsegger, P., & Barbakow, F. (2019). Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30868610/>
14. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Microbiology and treatment of acute apical abscesses. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2013;26(2):255–73. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1128/CMR.00082-12>
15. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* [Internet]. 2014;216(6):299–303. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
16. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, et al. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. *J Endod* [Internet]. 2010;36(5):884–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.010>
17. Mohammadi Z, Shalavi S, Yazdizadeh M. Antimicrobial activity of calcium hydroxide in endodontics: a review. *Chonnam Med J* [Internet]. 2012;48(3):133–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4068/cmj.2012.48.3.133>
18. Everything you need to know about endodontic files: (I) Manual files [Internet]. Dentaltix - Dental Supplies Distributor. [citado el 03 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/en/blog/everything-you-need-know-about-endodontic-files-i-manual-files>
19. van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* [Internet]. 2007;40(6):415–26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>
20. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the Erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci*. 2012;27(2):273-280. doi:10.1007/s10103-011-0882-3
21. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, van der Sluis LW. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*. 2009;42(12):1077-1083. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x
22. Olivi G, DiVito E, Peters OA, Kaitsas V, Signore A. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming against *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *J Clin Laser Med Surg*. 2012;30(3):133-137. doi:10.1089/clm.2011.0003



Casa abierta al tiempo

23. Jaramillo DE, Aprecio RM, Martinho FC. Effect of Er:YAG laser-activated irrigation on the removal of intracanal smear layer: a systematic review. *J Endod*. 2020;46(5):667-675. doi:10.1016/j.joen.2020.02.004
24. Olivi G, DiVito E, Peters O, Kaitsas V, Angiero F, Signore A, et al. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2014;145(8):843–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.2014.46>
25. INSTRUMENTAL: Ampliación y conformación [Internet]. Unam.mx. [citado el 2 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas4Instrumentos/4.1amplialimas.html>
26. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* [Internet]. 1988;14(7):346–51. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0099-2399\(88\)80196-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0099-2399(88)80196-1)
27. Civjan S, Huget EF, DeSimon LB. Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. *J Dent Res* [Internet]. 1975;54(1):89–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/00220345750540014301>
28. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* [Internet]. 1999;25(6):434–40. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80274-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80274-X)
29. Lugo De Langhe CD, Galiana MB, Montiel NB, Gualdoni GM. Comportamiento mecánico de los nuevos instrumentos de endodoncia. *Rev Fac Odontol UNNE* [Internet]. 2019;12(1):24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.30972/rfo.1213871>
30. Matumay-Santos F del P, Cabrera Iberico MÁ. Evaluación de la resistencia a la flexión de limas rotatorias Protaper Gold, 2Shape, V-Taper Fanta Gold. *Rev Cient Odontol* [Internet]. 2020;8(2):e018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21142/2523-2754-0802-2020-018>
31. Boldrini, M. P. (2018). ROTACIÓN CONTINUA VERSUS RECIPROCANTE EN ENDODONCIA CONTEMPORÁNEA. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/15165/boldrini-ma.-paula.pdf
32. Grande NM, Castagnola R, Minciocchi I, Marigo L, Plotino G. A review of the latest developments in rotary NiTi technology and root canal preparation. *Aust Dent J* [Internet]. 2023;68 Suppl 1:S24–38. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/adj.12998>
33. Brau Aguade E. Innovaciones en el diseño del [Internet]. Diposit.ub.edu. [citado el 4 de enero de 2025]. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/67353/1/092826.pdf>
34. Estévez Luaña Roberto. Sexta generación de instrumentos de Niti para la preparación de conductos con gran curvatura. A propósito de un caso. [Internet]. 2021; <https://www.odontologia33.com/clinica/endodoncia/6761/sexta-generacion-de-instrumentos-de-niti-para-la-preparacion-de-conductos-con-gran-curvatura-a-proposito-de-un-caso.html>



Casa abierta al tiempo

35. Yeguez Rodríguez E. Aleación de Níquel - Titanio: y su uso en Endodoncia. Acta Odontol Venez [Internet]. 2000 [citado el 4 de enero de 2025];38(1):4–7. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652000000100002
36. Pérez Pérez, G. (2014). Comparación de las propiedades de la aleación de NiTi, M-Wire y Phase-R en instrumentos endodónticos. <http://132.248.9.195/ptd2014/octubre/0723026/0723026.pdf>
37. Aleaciones de Níquel-Titanio (NiTi): Las limas de endodoncia más resistentes al estrés por flexión [Internet]. Dentaltix - Depósito Dental Online. [citado el 12 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/es/blog/aleaciones-niquel-titanio-niti-endodoncia-las-limas-mas-resistente-al-estres-flexion>
38. Moreno D. Avances en la metalúrgica de las limas endodónticas mecanizadas en la última década [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/8480/1/dmoreno.pdf>
39. Michiardi, Alexandra. Nuevo tratamiento de oxidación en aleaciones de NiTi para aplicaciones biomédicas. Caracterización superficial y respuesta biológica in vitro [Internet]. 2006 [citado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/6053>
40. Segura Giraldo B. Producción y caracterización de recubrimientos en multicapas de TiN/DLC en películas delgadas [Internet]. 2003 [citado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2824/belarminoseguragiraldo.2003.pdf?sequence=1>
41. Prado López, Priscila Juana. Edu.ec [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13352/1/T-UCSG-PRE-MED-ODON-474.pdf>
42. Rodríguez S. SlimShaper PRO®: la 7ª generación de instrumentos endodónticos [Internet]. Gaceta Dental. 2024 [citado el 23 de enero de 2025]. Disponible en: <https://gacetadental.com/2024/11/slimshaper-pro-instrumentos-endodonticos-65136/>
43. Equipo Dental Selecto. Instrumentos para endodoncia: guía completa [Internet]. [s.f.] [citado el 23 de enero de 2025]. Disponible en: <https://equipodontalselecto.com.mx/instrumentos-para-endodoncia-guia-completa>
44. Ordoñez I. Procedimiento de endodoncia: guía profesional [Internet]. [s.f.] [citado el 24 de enero de 2025]. Disponible en: <https://drivonneordonez.com/procedimiento-endodoncia/>
45. BlueShaper. Zarc4Endo [Internet]. 2021 oct 27 [citado el 24 de enero de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/blueshaper/>
46. Dentsply Sirona. ProTaper Gold [Internet]. [s.f.] [citado el 24 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-esib/productos/endodoncia/pro-taper-gold.html/1000>



47. Ciperez F. ProTaper Gold Taper y su impacto en la endodoncia moderna [Internet]. [s.f.] [citado el 27 de enero de 2025]. Disponible en: <https://bibliotecadental.com/protaper-gold-taper-y-su-impacto-en-la-endodoncia-moderna/>
48. Odontológicos. Secuencia ProTaper Gold: innovación en endodoncia [Internet]. 2024 [citado el 27 de enero de 2025]. Disponible en: <https://odontologicos.es/blogs/odontoblog/secuencia-protaper-gold-innovacion-en-endodoncia>
49. OHI-S R. Estudio comparativo de tres sistemas rotatorios endodónticos [Internet]. 2025 [citado el 08 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://es.ohi-s.com/articles-videos/2740/>
50. OHI-S R. Fatiga cíclica y resistencia torsional de cuatro instrumentos recíprocos de NiTi basados en martensita [Internet]. 2025 [citado el 08 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://es.ohi-s.com/articles-videos/3483/>
51. La Guía del Protético. Instrumentación mecánica rotatoria [Internet]. 2020 [citado el 08 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.laquiadelprotesico.site/instrumentacion-mecanica-rotatoria/>
52. Ordoñez I. Instrumentos rotatorios en endodoncia: guía completa [Internet]. [s.f.] [citado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://drivonneordonez.com/instrumentos-rotatorios-endodoncia/>
53. J. Morita Corporation. 3D Accuitomo 170 [Internet]. [s.f.] [citado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.jmoritaeurope.de/es/productos/orl/equipos-para-diagnostico-y-formacion-de-imagenes/ent-3d-accuitomo-170/?topicId=2039&tab=topics>
54. Ordoñez I. Instrumentos rotatorios en endodoncia: guía completa [Internet]. [s.f.] [citado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://drivonneordonez.com/instrumentos-rotatorios-endodoncia/>
55. Moradas Estrada M. Instrumentación rotatoria en endodoncia. ¿Qué tipo de lima o procedimiento es el más indicado? [Internet]. [s.f.] [citado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v33n4/0213-1285-odonto-33-4-151.pdf>
56. OHI-S. Evaluación in vivo del torque operativo generado por dos instrumentos rotatorios de níquel-titanio durante la preparación del conducto radicular [Internet]. 2024 [citado 2025 sep 23]. Disponible en: <https://es.ohi-s.com/articles-videos/2395/>
57. RECIPROC. VDW GmbH [Internet]. [s.f.] [citado el 18 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/reciproc/>
58. Sonntag D. ¿Es suficiente con un sistema de níquel-titanio para la instrumentación del conducto radicular? [Internet]. 2011 [citado el 18 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-es-suficiente-con-un-sistema-X0214098511280073>
59. OHI-S. Influencia del diseño del vástago en la capacidad de conformación de 3 sistemas rotatorios de níquel-titanio mediante tomografía computarizada en espiral [Internet]. 2024 [citado el 18 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://es.ohi-s.com/articles-videos/3679/>



Casa abierta al tiempo

60. FKG Swiss Endo. Race® EVO, R-Motion® y XP-endo® Rise: lo nuevo de FKG Swiss Endo: respetando el concepto de preservación de estructura dentaria y mínimo stress [Internet]. [s.f.] [citado el 18 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.canalabierto.cl/numero-47/race-r-evo-r-motion-y-xp-endo-rise-lo-nuevo-de-fkg-swiss-endo-respetando-el-concepto-de-preservacion-de-estructura-dentaria-y-minimo-stress-concepto-que-caracteriza-a-sus-instrumentos>
61. Todo lo que necesitas saber sobre las limas endodónticas: (I) Limas manuales [Internet]. [s.f.] [citado el 18 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/en/blog/everything-you-need-know-about-endodontic-files-i-manual-files>
62. Zarc4Endo. BlueShaper Pro: Manual de uso [Internet]. Zaragoza, España: Zarc4Endo; 2023 [citado el 26 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.zarc4endo.com>
63. Zarc4Endo. Catálogo BlueShaper Pro: endodoncia más segura y eficiente [Internet]. Zaragoza, España: Zarc4Endo; 2023 [citado el 26 de febrero de 2025]. Disponible en: https://zarc4endo.com/wp-content/uploads/2023/05/BlueShaperPro_Catalogo.pdf
64. Zarc4Endo. Los sistemas de instrumentación de Zarc [Internet]. [s.f.] [citado el 26 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/sistemas-de-instrumentacion-de-zarc/>
65. Zarc4Endo. BlueshaperPRO Tip Card Z1-Z4 [Internet]. [s.f.] [citado el 26 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/wp-content/uploads/2024/04/blueshaperPRO-tip-card-Z1-Z4.pdf>
66. BlueShaper Pro. Instrucciones de uso [Internet]. [s.f.] [citado el 26 de febrero de 2025]. Disponible en: https://zarc4endo.com/wp-content/uploads/2024/04/A5-blueshaperPRO-dfu_ESP1.pdf
67. Montoya J. ROTATE; caso completo paso a paso [Internet]. 2022 [citado el 04 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.miendodoncia.com/1567-2/>
68. VDW GmbH. VDW Rotate [Internet]. [s.f.] [citado el 04 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/vdwrotate/>
69. Fagundo CM, Contreras Z, De Ribot J. Sistema Mtwo NiTi (VDW® Endodontic Synergy): técnica clínica [Internet]. 2007 [citado el 04 de abril de 2025]. Disponible en: http://www.infomed.es/rode/index.php?option=com_content&task=view&id=168
70. VDW GmbH. Mtwo [Internet]. [s.f.] [citado el 04 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/mtwo/>
71. Odontoespacio. Sistemas reciprocantes en endodoncia [Internet]. 2015 [citado el 04 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.odontoespacio.net/noticias/sistemas-reciprocantes-en-endodoncia/>
72. VDW Dental. Reciproc/Reciproc Blue Instructions for Use [Internet]. Múnich: VDW; 2022 [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com>



Casa abierta al tiempo

73. Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2012;45(5):449-61. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x
74. VDW. RECIPROC blue: simplemente un paso adelante [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/reciproc-blue/>
75. Zarc4Endo. ApicalShaper [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/apicalshaper/>
76. Gómez PJ. ApicalShaper®. Zarc4Endo [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/productos/apicalshaper/>
77. Zarc4Endo. ApicalShaper [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/apicalshaper/>
78. Zarc4Endo. Catálogo de productos [Internet]. Zaragoza, España: Zarc4Endo; 2023 [citado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com>
79. Zarc4Endo. Apical Shaper: instrucciones de uso [Internet]. Zaragoza: Zarc4Endo; 2023 [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/apicalshaper/>
80. Gómez PJ. SlimShaper®. Zarc4Endo [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/productos/slimshaper/>
81. Zarc4Endo. SlimShaper [Internet]. [s.f.] [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/slimshaper/>
82. Zarc4Endo. Slim Shaper: instrucciones de uso [Internet]. Zaragoza: Zarc4Endo; 2022 [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://zarc4endo.com/slimshaper/>
83. ATLAS.ti. ¿Qué es una revisión sistemática de la literatura? [Internet]. [s.f.] [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://atlasti.com/es/guias/revisiones-bibliograficas/revision-sistemática#:~:text=Una%20revisión%20sistemática%20es%20un,una%20pregunta%20de%20investigación%20específica>
84. ATLAS.ti. ¿Qué es el Análisis Cualitativo Comparativo (ACC)? [Internet]. [s.f.] [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://atlasti.com/es/research-hub/analisis-cualitativo-comparativo-gca#:~:text=En%20esencia%2C%20el%20ACQ%20permite,y%20riqueza%20de%20cada%20caso>
85. Tesis y Masters. Revisión sistemática cualitativa: ¿Qué es y cómo hacerla? [Internet]. [s.f.] [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://tesisymasters.cl/revision-sistemática-cualitativa/>
86. Berra S. Fundamentos y métodos de las revisiones sistemáticas [Internet]. 2020 [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7857742.pdf>



Casa abierta al tiempo

87. Organización Mundial de la Salud. Pautas de la OMS sobre la ética en la vigilancia de la salud pública [Internet]. 2017 [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34499/9789275319840-spa.pdf>
88. Dentsply Sirona. Instrucciones de uso: VDW Rotate [Internet]. Alemania: Dentsply; 2023 [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: (URL no disponible)
89. VDW Dental. Mtwo Torque Card [Internet]. [s.f.] [citado el 12 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.vdw-dental.com>

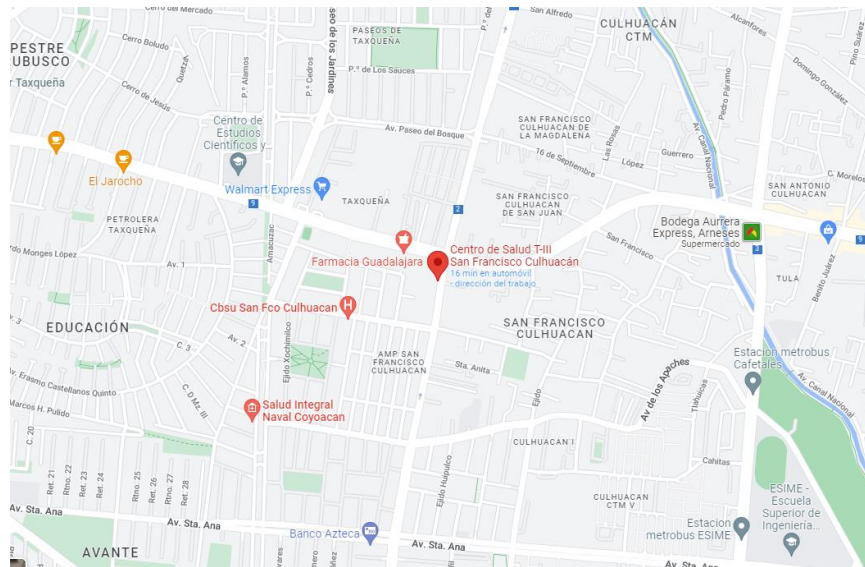


Casa abierta al tiempo

Capítulo VIII: Antecedentes

8.1 Datos de la unidad de salud

El Centro de Salud T- III “San Francisco Culhuacán”, es un centro de salud de atención de primer nivel que se encuentra en la avenida Heroica Escuela Naval Militar S/N Esq. Taxqueña Col. Ex Ejido de San Francisco Culhuacán C.P.04260, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, CDMX.



Croquis C.S.T-III San Francisco Culhuacán

IMAGEN 1: Localización del Centro de Salud San Francisco Culhuacán.
Fuente: <https://www.google.com.mx/maps/@19.3369164,-99.123749,14z>.



Casa abierta al tiempo

8. 1. 1 Plano de la unidad C. S. T-III SAN FRANCISCO CULHUACÁN

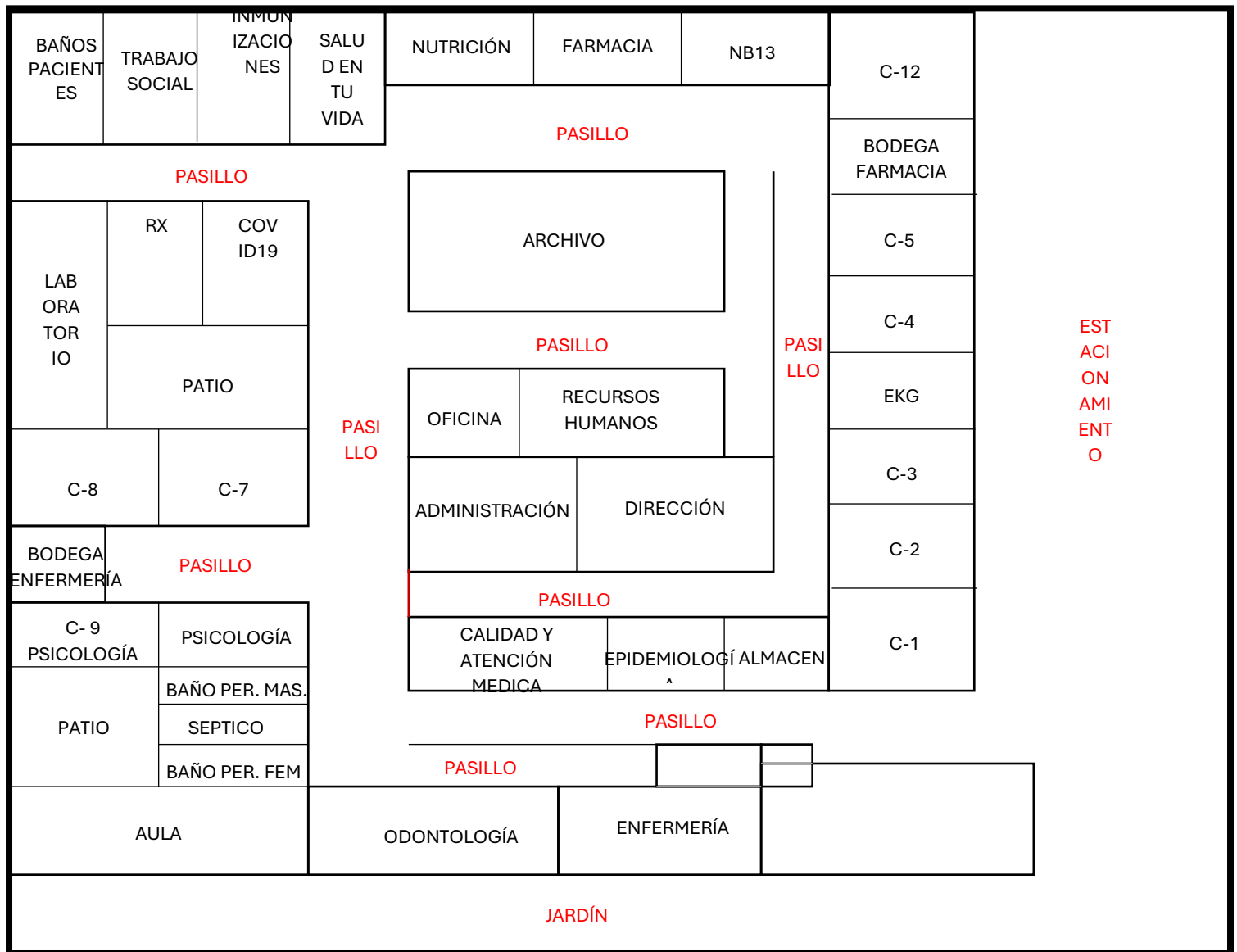


IMAGEN 2. Plano de la Unidad San Francisco Culhuacán. FUENTE: Realizado por PSSCD Elaine Venecia Cotero Torres.



Casa abierta al tiempo

8. 1. 2 Servicios que presta el centro de salud

ÁREA	SERVICIO
Médica	Consulta General
Médica	Consulta Odontológica
Médica	Consulta de Psicología
Médica	Consulta de Nutrición
Médica	Médico en casa/ Salud en tu casa
Epidemiológica	Enfermería
Administración	Farmacia
Médica	Laboratorio de Análisis Clínico y Rx
Epidemiológica	Medicina preventiva (vacunas)
Epidemiológica	Epidemiología

CUADRO 1. Servicios que presta el Centro de Salud. FUENTE: Elaborado por PSSCD. Elaine Venecia Coterro Torres.

8. 1. 3 Organigrama de la unidad

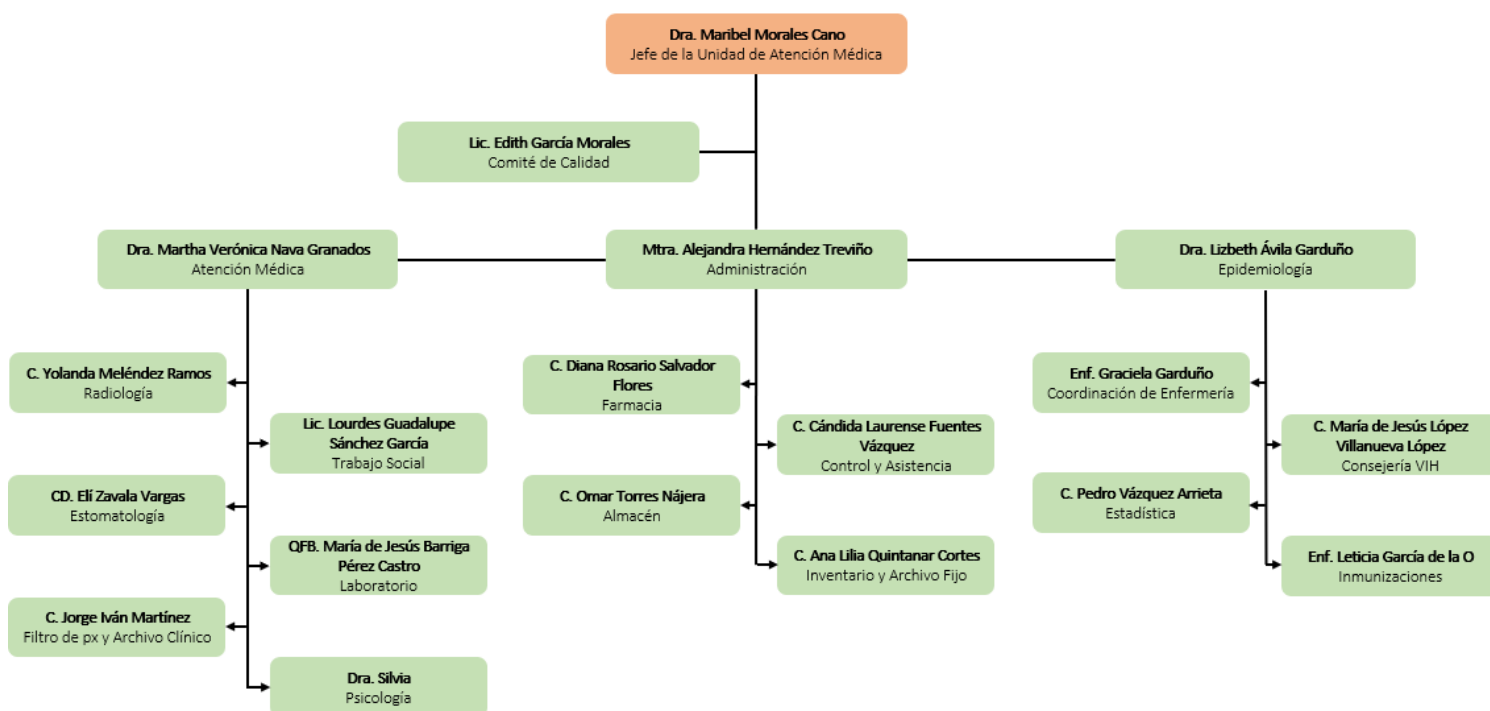


IMAGEN 3. Organigrama de la Unidad. FUENTE: Elaborado por PSSCD. Elaine Venecia Coterro Torres.

8. 2 Misión

Establecer las políticas de Estado para que la población ejerza su derecho a la protección a la salud ⁹⁰.

8. 3 Visión

Un Sistema Nacional de Salud Universal, equitativo, integral, sustentable, efectivo y de calidad, con particular enfoque a los grupos de la población que viven en condición de vulnerabilidad, a través del fortalecimiento de la rectoría de la autoridad sanitaria y la intersectorialidad; de la consolidación de la protección y promoción de la salud y prevención de enfermedades, así como la prestación de servicios plurales y articulados basados en la atención primaria; la generación y gestión de recursos adecuados; la evaluación y la investigación científica, fomentando la participación de la sociedad con corresponsabilidad ⁹⁰.

8. 4 Localización del centro de salud y zona de influencia

Como parte de la jurisdicción de Coyoacán menciona que cuenta con una densidad de población (Hab/km²): 11,510.5

Localidad y su población:

- Coyoacán 628,063
- Representando 3.6% de la población de la Ciudad de México
- De la que se estima que en San Francisco Culhuacán 119,073 personas en 4,530 unidades habitacionales. Se contabilizan 1,566 personas por km²

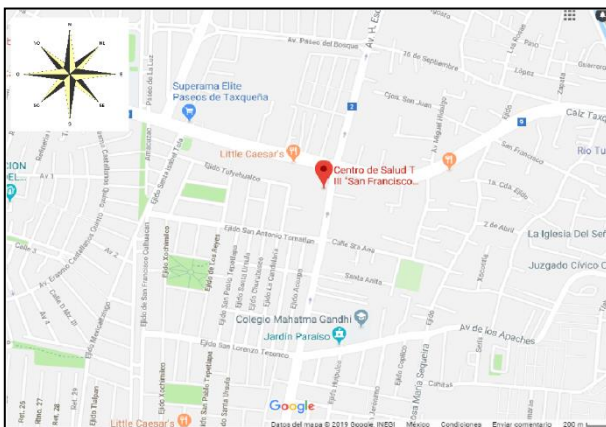


Imagen 3. Ubicación del centro de salud. Información tomada de [googlemaps.com.mx](https://www.google.com/maps), INEGI



Casa abierta al tiempo

- Avante
- C.T.M. CULHUACAN I
- C.T.M. CULHUACAN II
- C.T.M. CULHUACAN V
- C.T.M. CULHUACAN CROC VI
- C.T.M. CULHUACAN XA
- Campestre Churubusco
- Conjunto Urbano Tlalpan
- Country Club Churubusco
- Educación
- El Centinela
- Emiliano Zapata
- Ex ejido de San Francisco Culhuacán
- Hermosillo
- Paseos de Taxqueña
- Petrolera Taxqueña
- Prado Churubusco
- Presidentes Ejidales 1ra Secc.
- Presidentes Ejidales 2da Secc.
- S.F.C. de la Magdalena
- S.F.C. de San Juan
- San Francisco Culhuacán
- Santa Martha del Sur

CUADRO 2. Población a la cual el centro de salud T-III San Francisco Culhuacán ofrece sus servicios a las siguientes colonias de Coyoacán.

FUENTE: Elaborado por PSSCD Elaine Venecia Coterro Torres.

El área de influencia del Centro de Salud T-III San Francisco Culhuacán cuenta con una superficie de 17.80 Km, lo cual representa el 33.33% de la superficie total de la Jurisdicción Sanitaria y el 5.99 % del Distrito Federal.



Casa abierta al tiempo

8. 4. 1 Identificación de la comunidad

Nombre de la comunidad: Pueblo de San Francisco Culhuacán

Municipio: Coyoacán

Jurisdicción Sanitaria: IV Coyoacán

Entidad Federativa: CUIDAD DE MÉXICO

8. 4. 2 Ubicación geográfica

LÍMITES

Norte	Río Churubusco
Sur	Calzada del Hueso
Oriente	Canal Nacional
Poniente	Calzada de Tlalpan

COLINDANCIAS

Norte	Iztapalapa
Sur	Tlalpan
Oriente	Iztapalapa
Poniente	Coyoacán



8. 4. 3 Superficie territorial

La Delegación abarca 5,400 hectáreas de suelo urbano, lo que equivale al 8.28% de la superficie urbanizada de la entidad y al 3.63% del territorio total del Distrito Federal.



Casa abierta al tiempo

8. 4. 4 Orografía

La formación geológica proviene de la erupción del volcán Xitle, responsable de las extensas rocas basálticas que cubren zonas como Santo Domingo, Ajusco y Santa Úrsula. Los suelos predominantes son de origen volcánico en el sur y poniente, de transición en áreas intermedias, y lacustres en el norte y oriente, vinculados a los antiguos lagos de Texcoco y Xochimilco. Sin embargo, su composición ha sido alterada significativamente por actividades humanas.

La altitud promedio de la demarcación es de 2,240m s. n. m., alcanzando 2,250m en áreas como Ciudad Universitaria, San Francisco Culhuacán y Santa Úrsula Coapa. La elevación más notoria corresponde al cerro de Zacatépetl, ubicado al suroeste de la Delegación, con una altura de 2,420m s. n. m.

8. 4. 5 Hidrografía

El sistema hídrico de la Delegación se compone principalmente de los ríos Magdalena y Mixcoac, ambos actualmente entubados en casi toda su extensión. El primero ingresa por el sureste y, al unirse con el segundo, conforma el río Churubusco, el cual funciona como límite con la Delegación Benito Juárez, en la zona norte. También se encuentra presente el Canal Nacional. Según la cartografía oficial, todo el territorio pertenece a la Región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca Moctezuma y la subcuenca Lago de Texcoco-Zumpango.

8. 4. 6 Clima y temperatura

El clima de esta demarcación corresponde al patrón predominante en la mayor parte de la Ciudad de México, con una temperatura media anual que oscila entre los 9 °C y los 14 °C.



Casa abierta al tiempo

8. 4. 7 Altura sobre el nivel del mar

San Francisco Culhuacán se encuentra localizado a una altitud de 2,250 metros sobre el nivel del mar.

8. 4. 8 Fauna

El crecimiento poblacional ha ocasionado una reducción significativa en la fauna de la región. En la actualidad la fauna doméstica está conformada principalmente por perros, gatos, así como ganado porcino, vacuno y bovino.

8. 4. 9 Flora

El paisaje natural de Coyoacán, que antiguamente se caracterizaba por la presencia de grandes lagos, suelos fértiles, bosques y coníferas, ha sido transformado debido al avancen urbano. Este fenómeno ha provocado fenómenos de deforestación y deterioro del suelo, lo que representa una amenaza para el equilibrio ecológico de la zona.

Como respuesta, se han implementado medidas de reforestación mediante la plantación de especies como eucaliptos y pirules en áreas originalmente carentes de vegetación o donde se había extinguido. Actualmente la Delegación cuenta con una superficie total de áreas verdes de 4,318,783.56 metros cuadrados.



Casa abierta al tiempo

8. 5 No. total, de AGEBS y cuántos son de alta marginalidad

BARRIOS	CÓDIGO POSTAL	BARRIOS	CÓDIGO POSTAL
San Francisco	04470	Los Olivos	04840
COLONIAS		Parque Coyoacán	01090
Ampliación de San Francisco Culhuacán	04389	Paseos de Taxqueña	04250
Avante	04460	Petrolera Taxqueña	04410
Cafetales	04918	Popular Emiliano Zapata	04410
Campestre Churubusco	04200	Prado Coyoacán	04810
Campestre Coyoacán	04938	Prado Churubusco	04230
Carmen Serdán	04910	Presidentes Ejidales	04470
Los Cedros	04800	Santa Cecilia	04930
El Centinela	04450	Los Sauces	04940
Los Cipreses	04830	Villa Quietud	04960
Los Ciruelos	04830	PUEBLOS	
Country Club Churubusco	04220	San Francisco Culhuacán	04260
Educación	04400	U. HABITACIONAL	
Espartaco	04870	Alianza Popular Revolucionaria	04800
Ex. Ejidos de San Francisco Culhuacán	04420	Asentamiento Santa Martha del Sur	04270
Hacienda de Coyoacán	04970	Culhuacán CTM Sectores 1 al IX	04350
Hermosillo	04240	Culhuacanes CTM Sectores 10	04350
Infonavit CTM Culhuacán	04390	Culhuacanes Sectores 1 al VII	04350
Jardines de Coyoacán	04890		
Magdalena Culhuacán	04660		
El Mirador	04950		

Tabla realizada por PSSCD Elaine Venecia Cotero Torres.

FUENTE: Información del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUAVE).



Casa abierta al tiempo

8. 7 Pirámide poblacional

325, 337
**POBLACIÓN
FEMENINA**
Coyoacán 2020

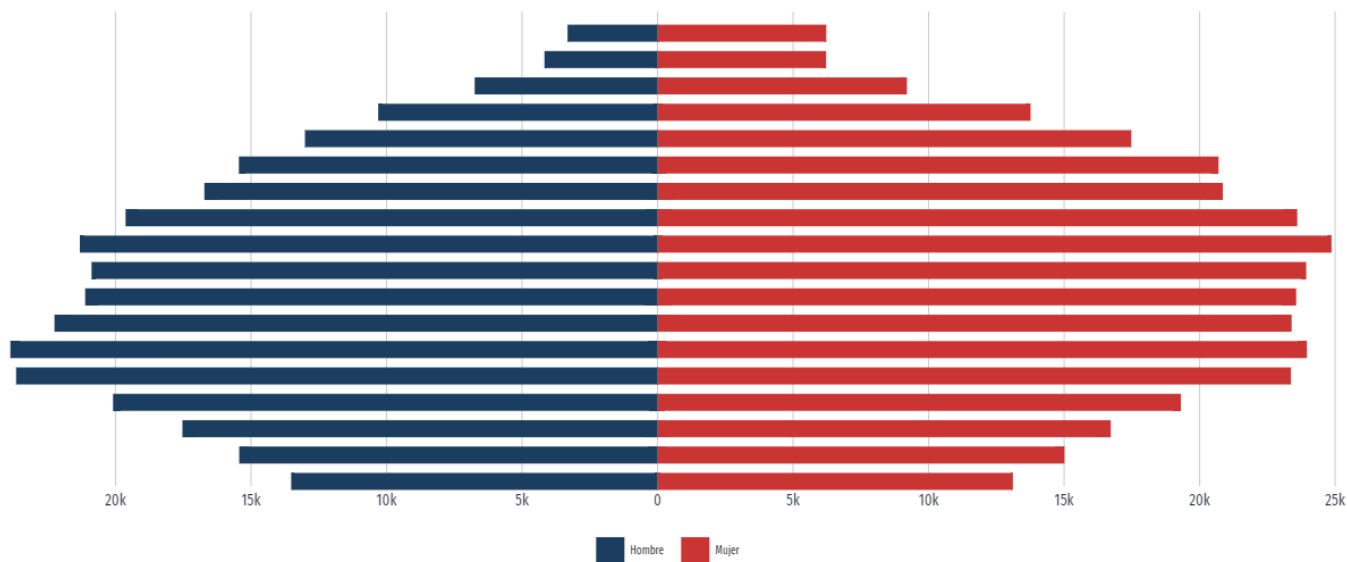
289, 110
**POBLACIÓN
MASCULINA**
Coyoacán 2020

FUENTE: Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/coyoacan>

En Coyoacán, la población total en el 2020 fue 614,447 habitantes, siendo 52.9% mujeres y 47.1% hombres.

Los grupos de edad con mayor numero de habitantes corresponden a los rangos de 25 a 29 años (47,839 habitantes), 20 a 24 años (47,036 habitantes) y 45 a 49 años (46,180 habitantes). En conjunto, estos sectores representan el 23% de la población total.

Pirámide poblacional total de Coyoacán 2020



localhost:3300/es/profile/geo/coyoacan

FUENTE: Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/coyoacan>



Casa abierta al tiempo

8. 8 Principales causas de mortalidad

Rango	Total	Hombre	Mujer
1	Enfermedades del corazón 218 704 En 2019 fueron 156 041	COVID-19 128 793	Enfermedades del corazón 97 133 En 2019 fueron 72 768
2	COVID-19 200 256	Enfermedades del corazón 121 556 En 2019 fueron 83 258	Diabetes mellitus 72 094 En 2019 fueron 52 643
3	Diabetes mellitus 151 019 En 2019 fueron 104 354	Diabetes mellitus 78 922 En 2019 fueron 51 711	COVID-19 71 458
4	Tumores malignos 90 603 En 2019 fueron 88 680	Tumores malignos 44 476 En 2019 fueron 43 296	Tumores malignos 46 125 En 2019 fueron 45 384
5	Influenza y neumonía 58 038 En 2019 fueron 31 081	Influenza y neumonía 35 657 En 2019 fueron 17 034	Influenza y neumonía 22 376 En 2019 fueron 14 046
6	Enfermedades del hígado 41 492 En 2019 fueron 40 578	Agresiones (homicidios) 32 336 En 2019 fueron 32 530	Enfermedades cerebrovasculares 18 073 En 2019 fueron 17 659
7	Enfermedades cerebrovasculares 37 021 En 2019 fueron 35 303	Enfermedades del hígado 30 300 En 2019 fueron 29 692	Enfermedades del hígado 11 189 En 2019 fueron 10 879
8	Agresiones (homicidios) 36 773 En 2019 fueron 36 661	Accidentes 25 343 En 2019 fueron 25 758	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 10 055 En 2019 fueron 11 269
9	Accidentes 32 356 En 2019 fueron 33 524	Enfermedades cerebrovasculares 18 946 En 2019 fueron 17 644	Accidentes 6 992 En 2019 fueron 7 730
10	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 21 949 En 2019 fueron 23 768	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas 11 894 En 2019 fueron 12 499	Insuficiencia renal 6 618 En 2019 fueron 6 359

■ Enfermedades del corazón ■ Diabetes mellitus ■ Tumor maligno ■ Otras enfermedades no transmisibles ■ Accidentes ■ Agresiones (homicidios) ■ Enfermedades transmisibles
■ COVID-19

FUENTE: Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/mortalidad/doc/defunciones_registradas_2020_nota_tecnica.pdf



Casa abierta al tiempo

8. 9 Principales causas de morbilidad

1	ENFERMEDAD POR COVID-19
2	INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS
3	INFECCIONES INTESTINALES POR OTROS ORGANISMOS Y LAS MAL DEFINIDAS
4	INFECCIÓN DE VÍAS URINARIAS
5	ULCERAS, GASTRITIS Y DUODENITIS
6	OBESIDAD
7	CONJUNTIVITIS
8	GINGIVITIS Y ENFERMEDAD PERIODONTAL
9	HIPERTENSION ARTERIAL
10	VULVOVAGINITIS
11	DIABETES MELLITUS NO INSULINODEPENDIENTE TIPO II
12	INSUFICIENCIA VENOSA PERIFÉRICA
13	OTITIS MEDIA AGUDA
14	NEUMONÍAS Y BRONCONEUMONÍAS
15	DEPRESIÓN
16	MORDEDURAS DE PERRO
17	ACCIDENTE DE TRANSPORTE EN VEHICULOS DE MOTOR
18	HIPERPLASIA DE PRÓSTATA
19	INFECCIÓN ASOCIADA A LA ATENCIÓN DE LA SALUD
20	ENFERMEDAD ISQUEMICA DEL CORAZON

FUENTE: Servicios de Salud Pública de la Ciudad de México/Dirección de Epidemiología y Medicina Preventiva. Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica (SUAVE)



Casa abierta al tiempo

Conclusiones del diagnóstico de salud

El presente diagnóstico de salud es una herramienta administrativa que se realiza para gestionar los servicios generales del centro de salud. Nos facilita la localización de información acerca de la estructura organizacional, funcionamiento, objetivos y población, así como conocer las necesidades básicas de atención.

El centro de salud se ha distinguido por brindar atención de calidad y hacer de la salud un derecho humano que pueden exigir y en el que se les atiende de manera solidaria e integral, incluyente y equitativa cuyo objetivo va más allá de la prevención, la detección oportuna, la curación y rehabilitación.

Capítulo IX: Servicio estomatológico

En el servicio dental se encuentran el coordinador del área con 3 doctores de apoyo y dos pasantes de servicio social. Cada uno tiene pacientes subsecuentes y de primera atención en las cuales realizan actividades de prevención y de operatoria. En el consultorio además de la atención del paciente, se llevan a cabo actividades de lavado y esterilizado del material, preparación de materiales obturativos y conteo del material e instrumental.

9. 1 Área dental

En el consultorio se encuentran 3 unidades dentales las cuales al principio del servicio social no funcionaban, fueron reparadas a los 3 meses quedando activas 2 de ellas, con algunas fallas en cuanto a presión, lámpara, succión y a reclinarse, pero eran útiles para atención al paciente en algunos procedimientos.

Se ubican dos tarjas una de ellas inactiva por fuga, autoclave, aparato de rayos X activo, caja de revelado, 4 muebles, 3 para almacenamiento de material y 1 para instrumental estéril.

Así como 6 carteles de información sobre prevención y procedimientos dentales didácticos para los pacientes.



Casa abierta al tiempo

9. 2 Material

Contábamos con jabón de manos con el cual también se lavaba el instrumental, bolsa para esterilizar el material de diferentes tamaños, había pocas piezas de instrumental necesario para la atención, líquidos de revelado caducos, medicamentos como ZOE, ionómero de vidrio, pasta profiláctica y pocas radiografías, nos fue brindado material a mediados del servicio en donde fue incluida resina, ácido grabador, adhesivo universal, microbrush, guantes, flúor en barniz, anestésicos, cepillos profilácticos, cepillos desechables, agujas, cubrebocas, batas desechables y rollos de algodón.

Capítulo X: Informe numérico

El Servicio Social fue llevado a cabo en el Centro de Salud T-III San Francisco Culhuacán, en un período de tiempo del 1 de agosto del 2022 al 31 de julio del 2023 en un horario de 8:00 de la mañana a 2:00 de la tarde, de lunes a viernes, realizando actividades de diagnóstico, preventivas, curativas, de rehabilitación y administrativas, teniendo manejo de niños y pacientes vulnerables con enfermedades crónico-degenerativas.

En el siguiente apartado, se desglosan las actividades que fueron realizadas durante el periodo de servicio social en un registro anual de todas las actividades.

10. 1 Identificación

NOMBRE	Elaine Venecia Coterro Torres
CARRERA	Estomatología
ESCUELA DE PROCEDENCIA	Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco
PROMOCIÓN	Agosto 2022 – 2023
UNIDAD DE SALUD DE ADSCRIPCIÓN Y JURISDICCIÓN SANITARIA	C.S.T-III San Francisco Culhuacán Jurisdicción Coyoacán
PERIODO DE REPORTE	Agostos 2022 – Julio 2023



Casa abierta al tiempo

10. 2 Actividades de promoción a la salud

ACTIVIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
PRIMERA JORNADA NACIONAL DE SALUD (febrero)	X		
PRIMERA JORNADA NACIONAL DE SALUD (mayo)	X		
PRIMERA JORNADA NACIONAL DE SALUD (octubre)	X		
PRIMERA JORNADA NACIONAL DE SALUD (abril y noviembre)	X		
CAMPAÑA ANTIRRABICA CANINA		X	
MATERIAL EDUCATIVO (Periódico y rotafolio)	X		Periódico mural de Higiene Oral y Autoexploración de Lesiones Bucales.
PLATICAS EDUCATIVAS	X		Platicas en ferias de la salud BIENESTAR, a pacientes del centro de salud, grupos de proyecto de intervención y grupos vulnerables.

10. 3 Actividades de módulo

CONSULTAS	REALIZADAS	%	OBSERVACIONES
PACIENTES DE 1RA VEZ	129	4.5	
PACIENTES SUBSECUENTES	188	6.6	
SUBTOTAL	317	11.26	
CONSULTAS POR GRUPO DE EDAD	93	3.3	
NIÑOS (0 A 15 AÑOS)	156	5.5	
ADULTOS (16 A 69 AÑOS)	57	2.02	



Casa abierta al tiempo

ADULTOS MAYORES (70 AÑOS Y MÁS)	11	0.39	
SUBTOTAL	317	11.26	
CONSULTAS (PROGRAMAS)	REALIZADAS	%	OBSERVACIONES
ATENCIÓN PRENATAL	17	0.60	
ENFERMEDADES CRÓNICO DEGENERATIVAS (HIPERTENSIÓN ARTERIAL)	114	4.05	
ENFERMEDADES CRÓNICO DEGENERATIVAS (DIABETES MELLITUS)	98	3.48	
SUBTOTAL	229	8.13	
ACTIVIDADES PREVENTIVAS	REALIZADAS	%	OBSERVACIONES
CONTROL DE PLACA DENTOBACTERIANA	197	7.0	
TÉCNICA DE CEPILLADO	197	7.0	
USO DE HILO DENTAL	124	4.4	
APLICACIÓN TÓPICA DE FLÚOR	73	2.5	
SELLADORES DE FOSETAS Y FISURAS	69	2.45	
PROFILAXIS	197	7.0	
PLÁTICAS	168	5.9	PLATICAS INDIVIDUALES Y POR GRUPOS VULNERABLES
SUBTOTAL	1,025	36.42	
ACTIVIDADES CURATIVAS SUPERVISADAS	REALIZADAS	%	OBSERVACIONES
ODONTOXECIS	138	4.9	
HISTORIAS CLINICAS	129	4.5	
RESINAS	68	2.41	



Casa abierta al tiempo

OBTURACIONES SEMIPERMANENTES	39	1.38	
TERAPIA PULPAR	0	0	
EXODONCIAS	48	1.70	
PLACAS DE RAYOS X	16	0.56	
FARMACOTERAPIA	153	5.43	
CERTIFICADOS MÉDICOS	279	9.9	
TRATAMIENTOS TERMINADOS	56	1.99	
SUBTOTAL	926	32.9	
TOTAL, DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS, CURATIVAS, CONSULTAS Y CONSULTAS PROGRAMADAS.	2,814	100	

Fuente: Registros diarios en el programa de atención dental del departamento Dental en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán

10. 4 Actividades de campo (escuela)

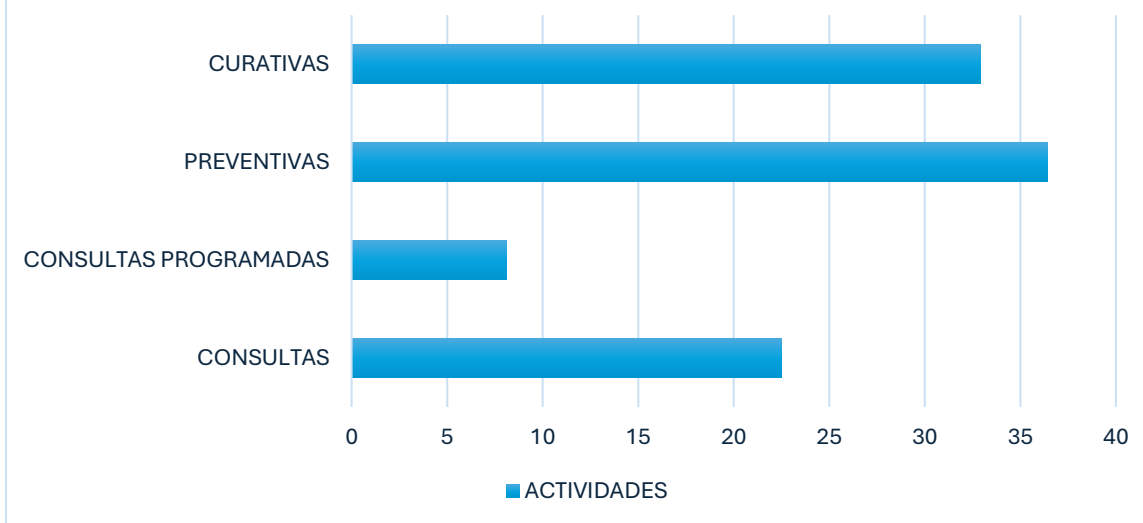
ACTIVIDAD	REALIZADAS	%	OBSERVACIONES
CONTROL DE PLACA DENTOBACTERIANA	397	26.13	
TECNICA DE CEPILLADO	397	26.13	
UIO DE HILO DENTAL	397	26.13	
COLUTORIO	312	20.53	APLICACIONES EN BARNIZ
PLÁTICAS	16	1.05	GENERALES POR GRUPOS DE MÁS DE 30 NIÑOS
TOTAL	1,519	100	

Fuente: Registros diarios en el programa de atención dental del departamento Dental en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán



Casa abierta al tiempo

GRÁFICA1: PORCENTAJE DE ACTIVIDADES DE MÓDULO AGOSTO 2022- JULIO 2023

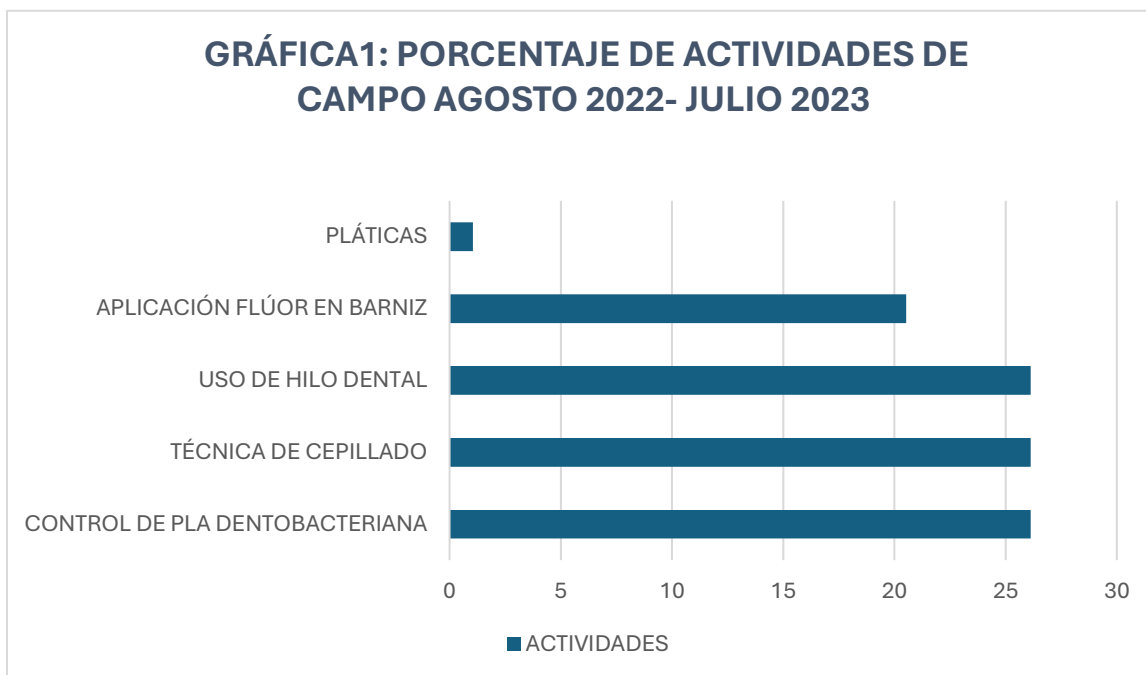


Fuente: Registros diarios en el programa de atención dental del departamento Dental en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán

En la grafica correspondiente al registro de actividades del módulo, realizadas entre agosto de 2022 y julio de 2023, se observa que predominan las de carácter preventivo y curativo. En contraste las consultas programadas constituyen la menor proporción dentro del total reportado.



Casa abierta al tiempo



Fuente: Registros diarios en el programa de atención dental del departamento Dental en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán

En esta gráfica se registraron las actividades de campo realizadas, de acuerdo con las visitas en escuelas, las pláticas se registran como el índice más bajo, ya que fueron generalizadas por salón. Teniendo así diferencia en las aplicaciones de flúor en barniz por la autorización a padres o tutores.

Análisis de datos

El análisis corresponde al periodo de agosto 2022 a julio 2023 en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán, en la alcaldía Coyoacán, se llevó a cabo considerando cuatro indicadores: consultas generales, consultas programadas, actividades preventivas y curativas supervisadas. Los resultados muestran que las actividades preventivas concentraron el mayor porcentaje (36.42%), destacando entre ellas la detección y control de placa dentobacteriana, la instrucción de técnica de cepillado y uso de hilo dental, así como procedimientos como profilaxis, odontoxesis, aplicación de flúor, revisión de tejidos bucales y orientación sobre la autoexploración de cavidad oral.



Casa abierta al tiempo

Conclusiones

En conclusión, al servicio social que realicé en el C. S. T-III San Francisco Culhuacán en el período de agosto 2022 a julio 2023, puedo decir que tuve bastante aprendizaje dentro de la institución bajo la supervisión de mis superiores que también brindan su conocimiento para enriquecer de forma profesional en los tratamientos y manejo del paciente.

Tuvimos la oportunidad de realizar cursos de actualización por parte de la secretaria de salud, así como supervisiones que te impulsan a seguir actualizándote.

Hubo dificultades en la atención tanto por falta de material como de funcionamiento de las unidades, sin embargo, nos adaptamos para poder brindar una atención integral y digna.

Se dio seguimiento con el programa de visita a las escuelas que se encuentran cercanas al centro de salud para fomentar el cuidado oral en edad temprana, así como invitarlos asistir a sus revisiones periódicas y aplicación de flúor.

Bibliografía

- 90. Secretaría de Salud. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 4 de octubre de 2025, de <https://www.gob.mx/salud/que-hacemos>
- 91. Información del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE).
- 92. Base de datos “Concentrado indicadores “Caminando a la Excelencia” 2019.
- 93. Guía De Práctica Clínica Para La Prevención Y Diagnóstico De Caries Dental 2012
- 94. En el Perú 3 de cada 100 personas de 15 y más años reportan tener diabetes. INEI instituto nacional de estadística e informática [internet] N° 064 – 06 abril 2016; [2016] disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-el-peru-3-decada-100-personas-de-15-y-mas-anos-reportan-tener-diabetes-8993/>
- 95. DATA MÉXICO. Coyoacán Municipio de la Ciudad de México. Pirámide poblacional. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/coyoacan>
- 96. Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>



Casa abierta al tiempo

Fotografías





Casa abierta al tiempo

