



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO

Línea de investigación:

Salud pública

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Altamirano Zulueta, Ana Lizeth

Asesora

García Rupaya, Carmen Rosa

ORCID: 0000-0003-0657-6011

Jurado

Suyo Chauca, Tania Isabel

Cortez Marino, María Petronila

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Lima - Perú

2026

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	3%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	Submitted to Universidad Privada San Juan Bautista	1%
	Trabajo del estudiante	
5	repositorio.uigv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	Submitted to Universidad de los Hemisferios	1%
	Trabajo del estudiante	
7	tesisdigitales.umich.mx	1%
	Fuente de Internet	
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1%
	Trabajo del estudiante	
9	gredos.usal.es	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN INSTRUMENTOS
ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE
LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO

Línea de Investigación:

Salud Pública

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Altamirano Zulueta, Ana Lizeth

Asesora

García Rupaya, Carmen Rosa

ORCID: 0000-0003-0657-6011

Jurado

Suyo Chauca, Tania Isabel

Cortez Marino, María Petronila

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Lima – Perú

2026

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme con su amor y darme fortaleza para alcanzar esta meta. A mis amados padres, Germán y Ana, por su apoyo incondicional y por ser mi impulso para seguir adelante. A mi hermano Alexis, por ser guía y ejemplo a seguir de perseverancia y disciplina. A mi mamá Genito, por su atención y amor infinito. A mis ángeles Julito, Vicky y Aurelio, por iluminar y proteger mi camino. Y a toda mi familia, por su apoyo constante a lo largo de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

A mi querida facultad de Odontología, por haberme acogido, formado y proporcionado los recursos necesarios para mi crecimiento académico y profesional. A mi asesora, Dra. Carmen García, por su guía, paciencia y valiosa experiencia. Al Dr. Cesar Chavez, por la oportunidad de utilizar el laboratorio de Endodoncia. Mi gratitud también al laboratorio HTL, por su colaboración y apoyo durante la realización de este proyecto. A todos los docentes que han servido de guía, apoyo o inspiración; y a mis compañeros y amigos, por su motivación y compañía en este camino.

ÍNDICE

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos	6
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	6
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	6
1.4. Justificación	7
<i>1.4.1. Teórico</i>	7
<i>1.4.2. Práctico</i>	7
<i>1.4.3. Social</i>	7
1.5. Hipótesis	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	9
<i>2.1.1. Endodoncia y la importancia de la instrumentación mecánica</i>	9
<i>2.1.2. Instrumentos endodónticos de níquel titanio</i>	11
<i>2.1.3. Aleaciones en instrumentos NiTi de marcas réplica</i>	15
<i>2.1.4. Características de un sistema rotatorio NiTi</i>	16
<i>2.1.5. Fatiga cíclica en instrumentos endodónticos</i>	18
III. MÉTODO	20
3.1. Tipo de investigación	20
3.2. Ámbito temporal y espacial	20
3.3. Variables	20

3.3.1. <i>Variable dependiente</i>	20
3.3.2. <i>Variable independiente</i>	20
3.3.3. <i>Operacionalización de variables</i>	21
3.4. Población y muestra	23
3.4.1. <i>Población</i>	23
3.4.2. <i>Muestra</i>	23
3.4.3. <i>Criterios de selección</i>	23
3.5. Instrumentos	24
3.6. Procedimientos	24
3.7. Análisis de datos	26
3.8. Consideraciones éticas	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	34
VIII. REFERENCIAS	35
IX. ANEXOS	41
9.1. Anexo A.....	41
9.1.1. <i>Matriz de consistencia</i>	41
9.2. Anexo B	43
9.2.1. <i>Comparación de dos medias</i>	43
9.3. Anexo C	44
9.3.1. <i>Carta de presentación</i>	44
9.4. Anexo D	46
9.4.1. <i>Revisión inicial en el laboratorio de Endodoncia</i>	46

9.5. Anexo E	49
<i>9.5.1. Prueba experimental en el laboratorio HTL</i>	<i>49</i>
9.6. Anexo F	50
<i>9.6.1. Certificados de calibración</i>	<i>50</i>
9.7. Anexo G	51
<i>9.7.1. Registro del tiempo hasta la fractura de cada lima</i>	<i>51</i>
9.8. Anexo H	53
<i>9.8.1. Evaluación de los fragmentos fracturados</i>	<i>53</i>
9.9. Anexo I	55
<i>9.9.1. Informe de resultados</i>	<i>55</i>
9.10. Anexo J	57
<i>9.10.1. Ficha de recolección de datos</i>	<i>57</i>
9.11. Anexo K	59
<i>9.11.1 Acta de aprobación del comité de ética en investigación</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO	27
Tabla 2. Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO	28
Tabla 3. Comparación del número de ciclos hasta la fractura y la longitud del fragmento fracturado la fractura entre instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO	28

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos endodónticos NiTi de aleación Blue™ y Camaleón™ en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®, mediante un estudio in vitro. **Método:** Experimental, prospectivo. Se evaluaron 28 instrumentos endodónticos NiTi F2 nuevos, distribuidos en dos grupos según su aleación. Las limas fueron sometidas a rotación continua en una matriz metálica estandarizada con un radio de 8mm y una angulación de 60°, utilizando un motor endodóntico Endo Pace marca WOODPECKER®, configurado a 300 rpm y 2.5 N/cm, registrándose el tiempo hasta la fractura en minutos para calcular el número de ciclos hasta la fractura (NCF). Posteriormente, se midió la longitud del fragmento fracturado y se realizó el registro fotográfico mediante una cámara digital CANON®. Se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk y t de Student. **Resultados:** Se encontró que los instrumentos con aleación Blue™ mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica ($\bar{x}$ = 4.61 min), en comparación con la aleación Camaleón™ ($\bar{x}$ = 3.73 min). Asimismo, el NCF mostró una diferencia estadísticamente significativa, siendo mayor el promedio en los instrumentos de aleación Blue™ (M = 1292.14) frente a los de aleación Camaleón™ (M = 1057.71). Respecto a la longitud del fragmento fracturado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. **Conclusiones:** Los instrumentos Blue™ demostraron una durabilidad superior ante la fatiga cíclica que la aleación Camaleón™, logrando un mayor número de ciclos hasta la fractura (NCF), sin observarse variaciones estadísticas en la medida del fragmento fracturado.

Palabras clave: endodoncia, fatiga cíclica, sistema de limas rotatorias.

ABSTRACT

Objective: To compare the cyclic fatigue resistance of Blue™ and Camaleón™ alloy NiTi endodontic instruments in a DENCO® rotary file system through an in vitro study. **Method:** This was an experimental, prospective study. A total of 28 new F2 NiTi endodontic instruments were evaluated and divided into two groups according to their alloy type. The files were subjected to continuous rotation in a standardized metallic artificial canal with an 8 mm radius and a 60° angle, using an Endo Pace endodontic motor by WOODPECKER®, set at 300 rpm and 2.5 N/cm. The time to fracture was recorded in minutes to calculate the number of cycles to fracture (NCF). Subsequently, the length of the fractured fragment was measured, and photographic records were obtained using a CANON® digital camera. Shapiro–Wilk and Student’s t-tests were applied for statistical analysis. **Results:** Instruments made with Blue™ alloy showed greater cyclic fatigue resistance ($\bar{x}$ = 4.61 min) compared to Chameleon™ alloy instruments ($\bar{x}$ = 3.73 min). Likewise, the NCF demonstrated a statistically significant difference, with a higher mean value for the Blue™ alloy instruments (M = 1292.14) than for the Camaleón™ alloy instruments (M = 1057.71). Regarding the fractured fragment length, no statistically significant differences were found between both groups. **Conclusions:** Blue™ instruments demonstrated superior durability against cyclic fatigue compared to Camaleón™ alloy instruments, achieving a higher number of cycles to fracture (NCF), while no statistically significant differences were observed in the fractured fragment length.

Keywords: endodontics, cyclic fatigue, rotary file system.

I. INTRODUCCIÓN

La preparación biomecánica y la desinfección del sistema radicular constituyen pilares fundamentales para el tratamiento de conductos, eliminando el tejido pulpar y agentes bacterianos, mediante métodos mecánicos y químicos. (Ragozzini et al., 2024) A través de nuevas tecnologías en endodoncia, se ha incorporado el uso de técnicas de instrumentación rotatoria en la fase de preparación químico-mecánica. (Wall et al., 2021)

Las herramientas mecánicas en endodoncia comprenden el uso de limas especializadas para la limpieza y conformación de los conductos radiculares. Tradicionalmente, se han empleado limas manuales de acero inoxidable durante varias décadas; sin embargo, su uso ha estado asociado a diversas desventajas, como la alteración de la morfología inicial de los conductos y la creación de irregularidades en sus paredes, lo que puede dificultar el proceso de obturación. En respuesta a estas limitaciones, se han introducido en el mercado instrumentos fabricados con aleación de níquel-titanio (NiTi), los cuales presentan una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a la curvatura de los conductos, reduciendo así la probabilidad de errores técnicos durante la preparación endodóntica. (Al-Obaida et al., 2022)

Estos instrumentos permiten preservar la morfología original del conducto radicular y disminuir el riesgo de zipping, es decir, la formación de rebordes o perforaciones. No obstante, una de sus principales limitaciones es la posibilidad de fractura inesperada, especialmente cuando se utilizan en conductos con curvaturas pronunciadas. (Özyürek et al., 2018) Si bien la torsión excesiva y la fatiga cíclica se han implicado como causa de fractura de las limas, esta última es probablemente la causa más frecuente de las roturas inesperadas que ocurren por los ciclos alternos de tensión-compresión a los que se someten las limas de NiTi al experimentar su mayor punto de deflexión en la zona más acentuada de la curvatura. (Pedullá et al., 2018)

La fatiga cíclica se define como la degradación estructural progresiva de un material sometido a cargas repetitivas, lo que conduce a la aparición de microfisuras que culminan en

una falla mecánica. En el contexto endodóntico, este fenómeno ocurre cuando el instrumento rota o realiza movimientos alternantes dentro de conductos radiculares curvos y estrechos, enfrentando tensiones sucesivas de tracción y compresión. Con el tiempo, estas tensiones cíclicas pueden inducir un deterioro por fatiga en el material, comprometiendo su integridad estructural e incrementando la susceptibilidad a la fractura del instrumento. (Pujara et al., 2024)

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo como finalidad comparar la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias mediante un estudio in vitro.

1.1. Descripción y formulación del problema

Los instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) se han consolidado como herramientas fundamentales en la práctica clínica debido a su notable flexibilidad y resistencia a la fractura, características que les permiten adaptarse eficientemente a la compleja anatomía de los conductos radiculares. Sin embargo, una de las complicaciones más frecuentes asociadas a su uso es la fractura por fatiga cíclica, la cual ocurre cuando estos instrumentos son sometidos a esfuerzos repetitivos durante los procedimientos, generando riesgos tanto para el paciente como para el profesional. (Özyürek, 2016)

En el contexto peruano, la endodoncia representa una especialidad clave dentro de la odontología, y el empleo de instrumentos de alta calidad resulta esencial para garantizar la eficacia y seguridad en los tratamientos de conducto. Este panorama impulsa la búsqueda de alternativas más accesibles económicamente, tanto para el profesional como para los pacientes, sin comprometer la calidad esperada en cada procedimiento.

Los odontólogos, en muchos casos, optan con frecuencia por instrumentos de menor costo o réplicas de marcas reconocidas, debido a la variabilidad en la disponibilidad y los precios. No obstante, suele desconocerse las propiedades técnicas de estos productos, particularmente en lo que respecta a su resistencia a la fatiga cíclica, un aspecto crucial que

determina su durabilidad y desempeño clínico, lo cual se relaciona a la falta de información sobre la calidad y el rendimiento de estos sistemas. (Uslu et al., 2023)

Aunque existen numerosos estudios que abordan las propiedades de las aleaciones de NiTi, son escasas las investigaciones comparativas que analicen la resistencia a la fatiga cíclica entre diferentes aleaciones dentro de una misma marca réplica. Esta carencia de evidencia científica representa un riesgo potencial, ya que el uso de instrumentos de bajo costo y origen incierto podría comprometer la calidad del tratamiento endodóntico, dificultando la evaluación de su rendimiento en condiciones clínicas reales. (Faus-Matoses et al., 2022)

En base a lo anteriormente planteado, el presente trabajo busca dar respuesta al siguiente problema:

¿Existirán diferencias en la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias bajo condiciones in vitro?

1.2. Antecedentes

Aydin et al. (2024) en Turquía, desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue contrastar la respuesta mecánica frente a la fatiga cíclica de los sistemas EndoArt Touch Gold (ETG), Perfect MTF Plus Gold (PPG), Fanta V-Taper Gold (FVG) y ProTaper Next (PTN). Para ello, emplearon conductos artificiales con una curvatura de 3mm de radio y una angulación de 60°. El estudio determinó que el desempeño más destacado en términos de durabilidad correspondió a los sistemas PTN y PPG. Los autores concluyeron que estos sistemas poseen una mayor resistencia en comparación con ETG y FVG, cuyos niveles de resistencia se consideran aceptables.

Martins et al. (2024) en Portugal, analizaron la capacidad de respuesta ante cargas cíclicas de cinco sistemas de instrumentación rotatoria de níquel-titanio. Se analizaron un total de 250 instrumentos de los sistemas ProTaper Gold, ProTaper Universal, Premium Taper Gold,

Go-Taper Flex y U-Files. Los resultados indicaron que todos los instrumentos presentaban proporciones equiatómicas de níquel y titanio, aunque ProTaper Universal y U-Files registraron temperaturas de transformación de fase más bajas. En conclusión, los instrumentos de mayor tamaño, como ProTaper Universal y U-Files, exhibieron menor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los demás sistemas evaluados.

Ragozzini et al. (2024) en Brasil, investigaron como influye el procesamiento por calor húmedo en la estabilidad física y la incidencia de fracturas en limas endodónticas tras ciclos de usos repetidos, comparando el WaveOne Gold original con cuatro modelos de réplicas. Para ello, se emplearon 150 molares humanos recientemente extraídos por razones ortodóncicas o periodontales, todos con curvatura severa. Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto a la influencia de la esterilización y el número de usos. Se concluyó que los instrumentos WaveOne Gold, TF4-Gold y Roll-Wave-Gold muestran un comportamiento ante la fatiga cíclica similar entre ellos.

Alajemi y AbuMostafa (2024) en Arabia Saudita, evaluaron de qué manera el protocolo de uso clínico y la esterilización influyen en la fatiga cíclica de las limas de NiTi Race Evo y Tia Tornado Blue. Se seleccionaron 64 limas de NiTi, divididas equitativamente entre ambas marcas. Los resultados revelaron que el sistema Tia Tornado Blue alcanzó niveles de resistencia a la fractura notablemente superiores tanto en el grupo de control como en los de uso único y triple, frente al desempeño mostrado por las limas Race Evo. Se concluyó que las propiedades de resistencia de ambas limas permanecieron estables, incluso después de completar tres periodos de uso y sus respectivos ciclos de autoclave.

Hamid et al. (2024) en India, compararon de qué manera influye el acondicionamiento térmico en la durabilidad mecánica frente a la fatiga de tres diferentes instrumentos rotatorios NiTi: TruNatomy, HyFlex CM y NeoEndoflex. Se utilizaron un total de 60 limas rotatorias NiTi sometidos a pruebas de fatiga cíclica utilizando un conducto de acero inoxidable con una

angulación de 60°, variando el radio de curvatura entre 3mm y 5mm. Asimismo, se contabilizaron las rotaciones previas a la fractura y la longitud del segmento fracturado. Los resultados revelaron que la cantidad de ciclos completados antes del fallo estructural se redujo de forma notable al emplear el radio de 3mm respecto al de 5mm. Se concluyó que existe una relación directa entre la amplitud del radio de curvatura y la capacidad de deflexión cíclica de los instrumentos NiTi.

Pham (2023) en Vietnam, realizaron un estudio experimental para evaluar el número de ciclos hasta la fractura (NCF) de diferentes sistemas de limas rotatorias de níquel-titanio utilizando movimiento de pecking. Se incluyeron 60 limas rotatorias: ProTaper UniversalF2, ProTaper Next X2 y WaveOne Gold Primary. Cada sistema fue dividido en dos grupos (n=10) según el tipo de desplazamiento (distancia constante o variable). Fueron evaluados en un canal artificial de acero inoxidable con doble curvatura, mediante una plataforma dinámica que simulaba el movimiento clínico de pecking a temperatura corporal. Los resultados evidenciaron que WaveOne Gold presentó mayor número de ciclos hasta la fractura, mientras que ProTaper Universal mostró el menor NCF. Se concluyó que el diseño, el material, el modo de rotación y la distancia de desplazamiento influyen significativamente en la capacidad de los instrumentos NiTi para tolerar el estrés cíclico.

Faus-Matoses et al. (2022) en España, realizaron un estudio comparativo sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas endodónticas de aleación de níquel-titanio (NiTi) de las marcas Endogal, PathMax y Smarttrack. Se analizaron 30 limas rotatorias de NiTi estériles mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX) y pruebas de fatiga cíclica en canales de acero inoxidable; estos presentaron un calibre apical de 250 µm con una conicidad al 6%, bajo una angulación de 60° y un radio 3 mm. Los resultados evidenciaron diferencias en la morfometría, la composición metalúrgica y la resistencia a la fatiga cíclica entre las marcas evaluadas. Se concluyó que el sistema

reciprocante Smarttrack mostró una mayor tolerancia al estrés cíclico frente al desempeño de las limas rotatorias Endogal y PathMax Pro, debido a su movimiento reciprocante y a su composición metalúrgica.

El-Dreny et al. (2022) en Egipto, examinaron la durabilidad ante cargas cíclicas de tres sistemas rotatorios de NiTi. Se evaluaron 45 instrumentos rotatorios empleando un equipo para ensayos de fatiga desarrollado específicamente para este propósito. La comparación de los tiempos de fractura entre los sistemas mostró diferencias estadísticamente significativas, según lo determinado por la prueba ANOVA unidireccional. Se concluyó que el desempeño más sobresaliente en cuanto a integridad mecánica frente a la fatiga correspondió al sistema HyFlex EDM.

Barreto-Peña et al. (2022) en Perú, compararon la resistencia a la fractura de una versión réplica frente a la del sistema original. Se contrastaron las limas ProTaper Gold F2 (n=19) con el sistema DENCO Super File III F2 (n=19). Los resultados evidenciaron que el grupo de limas réplica alcanzaron un tiempo de vida útil significativamente más extenso antes de fracturarse (588.8 ± 178.1 segundos), a diferencia de los 208.1 ± 41.9 segundos obtenidos por el sistema original. Se concluyó que las limas de la marca réplica exhibió una mayor capacidad de trabajo ante la fatiga cíclica en comparación con los instrumentos del sistema original.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones distintas en un sistema de limas rotatorias, mediante un estudio in vitro.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO.

- Comparar la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO.
- Comparar el número de ciclos hasta la fractura y la longitud del fragmento fracturado en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórico

Desde una perspectiva teórica, este estudio permitirá fortalecer el sustento académico de los profesionales en odontología respecto al comportamiento mecánico de los sistemas endodónticos NiTi y comprender cómo influye el tipo de aleación en el desempeño frente a la fatiga mecánica durante la instrumentación. Esta información permitirá al odontólogo tomar decisiones más fundamentadas, seguras y basadas en evidencia científica para optimizar la calidad y eficacia de los tratamientos endodónticos.

1.4.2. Práctico

Desde un enfoque práctico, la presente investigación proporciona información valiosa para que los profesionales puedan seleccionar instrumentos endodónticos de mejor calidad y durabilidad. Además, se podrá generar recomendaciones clínicas basadas en evidencia que no solo mejoren la calidad del tratamiento, sino que también reduzcan el tiempo de trabajo y el riesgo de fractura durante el uso, optimizando la eficiencia del procedimiento y disminuyendo posibles complicaciones.

1.4.3. Social

Desde el punto de vista social, esta investigación fomenta la socialización de nuevos conocimientos entre la comunidad odontológica y el sector académico, promoviendo el empleo de instrumentos endodónticos que ofrezcan mayor resistencia y seguridad. Al mejorar la selección de materiales e instrumentales más seguros y eficaces, se podrán tomar ciertas

medidas que aumenten la seguridad y la calidad de atención de los pacientes. Esto ayudará a prevenir tratamientos más largos, costosos o con resultados desfavorables como la pérdida de piezas dentarias, garantizando una mejor calidad de vida y fortaleciendo la confianza de los pacientes en procedimientos odontológicos.

1.5. Hipótesis

Existen diferencias en la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en sistema de limas rotatorias bajo condiciones in vitro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Endodoncia y la importancia de la instrumentación mecánica*

La endodoncia es una rama de la odontología encargada del diagnóstico y tratamiento de las afecciones que comprometen la pulpa dental y los tejidos periapicales. Una de las fases fundamentales de la terapia radicular consiste en el acondicionamiento de los conductos radiculares, proceso que incluye la eliminación de tejido vital y/o necrótico, así como la dentina radicular contaminada.

El abordaje mecánico de los conductos es una pieza clave para garantizar un pronóstico favorable del tratamiento, ya que permite la limpieza, desinfección y conformación del conducto para una adecuada obturación. (Ragozzini et al., 2024)

Hoy en día, la preparación de los conductos radiculares se ha optimizado gracias al uso de la instrumentación mecánica, especialmente con instrumentos de aleación níquel-titanio (NiTi), los cuales han demostrado una mayor eficacia y seguridad en comparación con las técnicas manuales. La constante evolución de estos métodos ha contribuido significativamente en mejorar los resultados clínicos y disminuir las posibles complicaciones durante el tratamiento. (Martins et al., 2020)

2.1.1.1. Evolución de la instrumentación en endodoncia. La evolución de las técnicas de instrumentación de conductos radiculares ha impactado significativamente el campo de la endodoncia, mejorando tanto la eficiencia como los resultados de los tratamientos. En las primeras décadas del siglo XX, los procedimientos se realizaban únicamente con limas manuales de acero inoxidable, que presentaban diversas limitaciones, lo que hacía que el procedimiento requiriera mucho tiempo, especialmente en conductos radiculares curvos, donde aumentaba el riesgo de perforaciones y fracturas del instrumento. (Hülsman, 2019)

Con la implementación de sistemas mecanizados con aleaciones de níquel-titanio (NiTi), se logró optimizar la flexibilidad e integridad estructural de los instrumentos endodónticos. Esta innovación facilitó el desarrollo de sistemas rotatorios y reciprocantes, los cuales poseen una mejor adaptación a la compleja morfología de los conductos radiculares, reduciendo el riesgo de fractura de limas y minimizando errores durante el procedimiento.

En los últimos años, los avances en la tecnología han comenzado a influir en las técnicas de instrumentación endodóntica, elevando el nivel de precisión y seguridad de los tratamientos. La transición hacia la instrumentación mecánica no solo ha mejorado la calidad del tratamiento, sino también ha disminuido de forma significativa el esfuerzo físico de los profesionales y la incomodidad para los pacientes, iniciando una nueva etapa en la práctica de la endodoncia. (Srivastava, 2024)

2.1.1.2. Objetivos de la preparación biomecánica del conducto. La preparación biomecánica del conducto radicular comprende una serie de procedimientos químicos y mecánicos, cuyo objetivo principal es la limpieza de las paredes del conducto eliminando restos pulpares y bacterias. Esta etapa incluye la conformación del conducto radicular y, en casos de necrosis pulpar, también su desinfección, con el fin de establecer las condiciones necesarias que permitan una obturación adecuada del sistema de conductos radiculares. (Lima et al., 2019)

2.1.1.3. Ventajas de la instrumentación mecánica frente a la manual. El uso de aleaciones NiTi en instrumentos rotatorios, ha mejorado significativamente el éxito de los tratamientos endodónticos. A diferencia de las limas manuales de acero inoxidable, los instrumentos NiTi son más flexibles y se adaptan mejor a la anatomía del conducto. Sus propiedades, como la superelasticidad y el efecto memoria, permiten una conformación más precisa del conducto, optimizando la irrigación y obturación radicular. (Zanza et al., 2022)

La instrumentación mecánica ofrece mayor eficiencia y seguridad en comparación con la técnica manual. Los sistemas rotatorios y reciprocantes de aleación NiTi, permiten una

conformación más rápida y precisa del conducto, adaptándose mejor a su curvatura. Asimismo, disminuyen la fatiga operatoria y mejoran la previsibilidad del tratamiento endodóntico. (Hülsmann et al., 2019)

2.1.2. Instrumentos endodónticos de níquel titanio

La aleación NiTi, conocida también como “Nitinol”, fue descubierta a principios de la década de 1960 por William J. Buehler y Frederick E. Wang. Esta aleación se caracteriza por su capacidad de recuperar su forma original después de la deformación elástica, lo que la convierte en un material adecuado para la limpieza y conformación de conductos radiculares con curvaturas pronunciadas. (Al-Obaida et al., 2022)

En 1988, la integración del instrumental de NiTi para uso mecanizado transformó los protocolos endodónticos, al optimizar la limpieza de sistemas de conductos con curvaturas complejas, permitiendo así una preparación biomecánica más segura y eficiente. Estos instrumentos lograron reducir riesgos como el transporte del conducto, perforaciones y fracturas. (Drukteinis et al., 2020) Su popularidad ha aumentado debido a su capacidad para conformar y limpiar los conductos radiculares con mayor precisión, en comparación con los instrumentos manuales de acero inoxidable gracias a su elasticidad y eficacia en el corte. Pese a estos beneficios, las limas NiTi conservan una susceptibilidad a la fractura debido al estrés mecánico acumulado durante el procedimiento. (Agrawal et al., 2024)

2.1.2.1. Propiedades físico mecánicas del NiTi. Los instrumentos endodónticos fabricados con aleación NiTi) han revolucionado la práctica clínica gracias a sus propiedades únicas, entre las que destacan la superelasticidad, el efecto memoria de forma, la biocompatibilidad y una notable resistencia a la corrosión. (Gouédard et al., 2022) Estas características les otorgan una capacidad superior para adaptarse a la compleja morfología tridimensional del sistema de conductos radiculares, permitiendo una conformación más eficiente y segura, especialmente en conductos con curvaturas pronunciadas. La

superelasticidad, en particular, les permite recuperar su forma original tras someterse a deformaciones, minimizando el riesgo de transporte del conducto y reduciendo el esfuerzo requerido por parte del operador.

No obstante, el instrumental de NiTi convencional también conlleva ciertas limitaciones. Una de las más relevantes es el efecto memoria de forma, que puede provocar que el instrumento tienda a volver a su geometría original, dificultando su adaptación a curvaturas severas del conducto. Esta propiedad puede generar desviaciones en la trayectoria de trabajo, así como aumentar la susceptibilidad a deformaciones permanentes y fracturas durante el uso clínico. (Drukteinis et al., 2020) Además, las microdeformaciones acumuladas durante su empleo no siempre son visibles a simple vista, lo que representa un riesgo adicional, ya que los defectos estructurales pueden pasar desapercibidos y desencadenar fracturas inesperadas del instrumento durante la preparación del conducto radicular. Estas limitaciones subrayan la necesidad de continuar investigando y optimizando las aleaciones y tratamientos térmicos de los instrumentos NiTi para mejorar su comportamiento clínico y seguridad.

2.1.2.2. Tipos de tratamientos térmicos aplicados a las aleaciones. El procesamiento térmico de las aleaciones de NiTi han mejorado significativamente sus propiedades mecánicas, otorgando mayor flexibilidad, memoria controlada y una resistencia incrementada frente a la fatiga cíclica, aumentando la seguridad durante el tratamiento endodóntico. (Drukteinis et al., 2020; Gouédard et al., 2022)

A. Tratamiento M Wire. El tratamiento M-Wire fue uno de los primeros tratamientos termomecánicos desarrollados para mejorar el comportamiento funcional del instrumental endodóntico de NiTi. Este tratamiento contiene austenita con pequeñas cantidades de fase R y martensita, lo que mejora sus propiedades mecánicas. Las limas ProTaper Next X2, fabricadas con este tipo de aleación, son más flexibles y tienen una mayor durabilidad frente a la fractura por ciclos de estrés, en comparación con las limas hechas con NiTi convencional.

B. Tratamiento C Wire. Las limas One Curve han sido fabricadas con un tratamiento térmico llamado C-Wire, aplicado a la aleación de NiTi. Este tratamiento les da un efecto de memoria de forma, lo que significa que pueden adaptarse al conducto radicular y luego volver a su forma original. Además, se ha observado que estas limas permanecen en fase martensítica a temperatura ambiente, dándoles mayor flexibilidad, de forma similar a las limas tratadas con CM-Wire.

C. Tratamiento CM Wire. Las limas HyFlex CM están fabricadas con un tratamiento termomecánico llamado Controlled Memory Wire (CM-Wire). Esta aleación tiene menos níquel (52%) que otras limas de NiTi, que suelen tener entre 54,5% y 57%. Este tratamiento permite que las limas estén formadas principalmente por martensita, lo que les da mayor flexibilidad, efecto de memoria de forma y menor riesgo de fractura por fatiga cíclica. A temperatura ambiente, la aleación presenta una combinación de martensita, austenita y algo de fase R, lo que mejora su rendimiento frente a otras limas como las de M-Wire o el NiTi convencional. (Gouédard et al., 2022)

2.1.2.3. Diseño y geometría de los instrumentos rotatorios NiTi. Inicialmente, los instrumentos de níquel-titanio (NiTi) presentaban una conicidad fija a lo largo de toda su longitud y un eje de corte simétrico que generaba preparaciones redondeadas que no se adaptaban bien en conductos de morfología ovalada. Además, este diseño es más susceptible al exceso de torsión, lo que puede aumentar su riesgo de fractura.

Algunos sistemas como ProTaper Gold, Profile y Vortex Blue presentan secciones triangulares convexas con conicidad progresiva, lo que mejora la capacidad de corte y disminuyen la fricción con las paredes del conducto radicular. Otros diseños como BT-Race (FKG), tienen una punta reforzada con seis filos la cual les brinda mayor eficiencia de corte, pero con la posibilidad de enderezar el conducto. TruShape (Dentsply), con su lima en forma de S, se adapta mejor a la anatomía del conducto, pero tiene eficacia en la eliminación de

dentina. Por su parte, 2Shape (Micro-Mega) cuenta con dos filos principales y uno secundario, optimizando su eficiencia de corte, eliminación de residuos y resistencia a la fractura.

Puesto que se necesita reducir el número de limas necesarias y simplificar los procedimientos, se han desarrollado sistemas de limas individuales como Hyflex EDM y One Curve Gold (Coltene), los cuales ofrecen mayor resistencia a la fatiga cíclica, especialmente en conductos curvos.

Asimismo, sistemas como Reciproc Blue (VDW), con secciones transversales en forma de S y bordes cortantes afilados, han demostrado una capacidad de corte superior y una longevidad mecánica optimizada. Por otro lado, puede resultar beneficioso utilizar limas con ejes de corte excéntricos, como Revo-S, WaveOne Gold y ProTaper Next (Dentsply Sirona). Este último presenta una sección transversal rectangular descentrada, mientras que WaveOne Gold presenta una sección transversal en paralelogramo, lo que incrementa su integridad estructural y una acción de corte más dinámica.

Por último, se han desarrollado sistemas de limas autoajustables como SAF (Self-Adjusting File) que posee un núcleo hueco y comprimible, utilizado con un movimiento de picoteo, permitiendo una irrigación continua. Se ha convertido en una alternativa eficaz en la preparación de conductos ovalados por su capacidad de adaptarse mejor a la anatomía que las limas rotatorias. (Campbell et al., 2021)

2.1.2.4. Sistemas de limas rotatorias. En la actualidad, existe una amplia gama de instrumentos endodónticos diseñados para mejorar los tratamientos y reducir riesgos de accidentes y/o complicaciones. Estos instrumentos deben pasar por pruebas de investigación y control de calidad antes de ser comercializados. Sin embargo, algunas empresas fabrican y distribuyen instrumentos similares a marcas reconocidas sin garantizar controles de calidad ni certificaciones internacionales que respalden su uso clínico.

Los instrumentos tipo réplica presentan características comparables a los originales, como la nomenclatura, colores, números y secuencias, y se comercializan globalmente a precios más bajos, lo que atrae a los profesionales. No obstante, su seguridad y eficacia clínica aún no han sido validadas científicamente. (Ragozzini et al., 2024)

Recientemente, diversas empresas han implementado una estrategia económica enfocada en la fabricación de alternativas a los instrumentos de marcas originales, con el propósito de captar una mayor participación en el mercado endodóntico mediante precios más accesibles. (Zanza et al., 2022)

2.1.3. Aleaciones en instrumentos NiTi de marcas réplica

2.1.3.1. Diversidad de aleaciones NiTi en marcas comerciales y réplicas. Las aleaciones de níquel-titanio (NiTi) presentan variaciones estructurales determinadas por el tratamiento térmico aplicado y el proceso de fabricación, lo que influye directamente en sus propiedades mecánicas y su desempeño clínico. Dependiendo de la fase prevaleciente en su estructura, las aleaciones NiTi se clasifican en dos categorías: aquellas de naturaleza austenítica como el Niti convencional, M-Wire y R-Phase, caracterizadas por su superelasticidad; y aquellas con fase martensítica, entre las que se incluyen el CM-Wire, Vortex Blue y ProTaper Gold, las cuales son más deformables y capaces de evidenciar el efecto de memoria de forma al exponerse a temperaturas elevadas. (Barreto-Peña et al., 2022)

Con el propósito de optimizar el rendimiento mecánico de los instrumentos endodónticos, se desarrollaron aleaciones como M-Wire, R-Phase y CM-Wire, diseñadas para mejorar la flexibilidad y aumentar la resistencia a la fatiga cíclica y se encuentran en sistemas de marcas reconocidas como ProTaper Gold, WaveOne Gold y HyFlex CM. Sin embargo, también se comercializan réplicas de estas marcas que, a pesar de utilizar Aleaciones similares, pueden presentar diferencias clínicas debido a variaciones en la calidad de los materiales y a la falta de control en los procesos de fabricación. (Kwak et al., 2021)

2.1.3.2. Diferencias metalúrgicas y su influencia en el rendimiento. Las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) se ven directamente influenciadas por los cambios en su composición química y en su estructura cristalina. Un ejemplo de estas variaciones se observa en la aleación M-Wire, la cual presenta una mayor proporción de fase austenítica, lo que les otorga una mayor integridad estructural frente a cargas repetitivas. Por otro lado, la tecnología CM-Wire, con una mayor presencia de la fase martensítica, se caracteriza por una mayor flexibilidad. Estas características influyen significativamente en el desempeño clínico de los instrumentos, particularmente durante la preparación de conductos radiculares curvos o con anatomía compleja. (Costa et al., 2021; Srivastava, 2018)

2.1.3.3. Limitaciones en la estandarización y control de calidad en réplicas. Una de las principales dificultades asociadas con el uso de sistemas basados en la aleación NiTi, particularmente en productos de marcas réplica, es la ausencia de procesos de fabricación estandarizados y en la implementación de controles de calidad rigurosos. Estos instrumentos, en muchos casos, no cumplen con los protocolos de validación establecidos por las normas ISO, generando una variabilidad considerable en sus propiedades mecánicas. Esta inconsistencia no solo compromete su desempeño clínico, sino que también dificulta la comparación objetiva entre distintas marcas o lotes de fabricación. (Schäfer et al., 2022)

2.1.4. Características de un sistema rotatorio NiTi

Según el manual de uso de las limas rotatorias *DENCO Super Files III* ® (Shenzhen Denco Medical, China) son instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) diseñados para la preparación y ensanchamiento de los canales radiculares, utilizando un motor endodóntico. Presentan una conicidad no uniforme superior al 1%, clasificada como tipo 4 según la norma ISO 3630-1:2019.

2.1.4.1. Estructura. Están compuestas por tres elementos principales: la parte activa, los topes y el vástago. La parte activa está elaborada en aleación de NiTi. El vástago está fabricado de latón C3604, mientras que los topes están elaborados de caucho translúcido, cuya función es delimitar la longitud de trabajo durante la instrumentación endodóntica.

2.1.4.2. Reprocesamiento. De acuerdo con las recomendaciones del fabricante y según la norma ISO 17664:2017, las limas rotatorias *DENCO Super Files III* ® son de un solo uso clínico y no están aprobadas para su reutilización. En caso de ser esterilizadas, el número de ciclos no debe exceder a seis, con la finalidad de prevenir la degradación de sus propiedades mecánicas y no aumentar el riesgo de fractura inesperada por fatiga acumulada. (SHENZHEN DENCO MEDICAL CO., LTD, 2024)

2.1.4.3. Aleación Blue. La aleación *blue* se obtiene mediante un proceso de fabricación termomecánico aplicado al NiTi, mediante el cual se genera una capa superficial de óxido que le otorga su coloración característica. Este tratamiento modifica la microestructura del material, incrementando la mayor proporción de fase martensítica estable. Los instrumentos fabricados con esta aleación presentan una mayor flexibilidad frente a los sistemas convencionales de NiTi y un mejor desempeño clínico, especialmente en conductos curvos o estrechos, disminuyendo el riesgo de fractura y alteraciones en la trayectoria del conducto. Asimismo, diferentes sistemas comerciales de limas rotatorias elaboradas con aleación *blue*, han demostrado ser más eficaces para soportar el estrés cíclico, característica que se conserva incluso después de los procesos de esterilización en autoclave, lo cual garantiza una mayor durabilidad del instrumental endodóntico. (Barakat et al., 2024)

2.1.4.4. Aleación Camaleón. Se caracterizan por presentar, además del tratamiento térmico típico de las limas de última generación, un tratamiento superficial especial aplicado mediante nanotecnología. Este procedimiento modifica la microestructura y la capa exterior de la estructura, generando una superficie multicolor que da origen al nombre de camaleón. Según

lo recomendado por los fabricantes, este recubrimiento en el pulido proporciona su aspecto característico, lo que también mejora la eficiencia de corte y aumenta tanto la dureza superficial como la tenacidad del instrumento. (Oliveira Neto et al., 2024)

2.1.5. Fatiga cíclica en instrumentos endodónticos

2.1.5.1. Definición y mecanismos de fatiga cíclica. El término fatiga cíclica se define como el proceso de deterioro estructural progresivo de los instrumentos endodónticos cuando son sometidos de manera continua a cargas cíclicas repetidas de tensión y compresión, especialmente al trabajar en conductos radiculares con curvaturas pronunciadas. Este fenómeno propicia la formación de microfisuras en la superficie del instrumento, comprometiendo su integridad mecánica y aumentando el riesgo de fractura durante el procedimiento. (Pujara et al., 2024)

2.1.5.2. Factores que influyen en la fatiga cíclica. La capacidad de los sistemas NiTi para soportar el fallo cíclico se ve influenciado por múltiples factores. Entre ellos destacan la morfología de la herramienta y la naturaleza de su metalurgia, así como la angulación y el radio de los conductos, la cinemática de movimiento y el diseño de la sección transversal. A ello se suma la influencia de la temperatura ya que las propiedades metalúrgicas de las aleaciones NiTi pueden variar significativamente entre la temperatura ambiental y la corporal, modificando su comportamiento y desempeño durante la instrumentación. (Savitha et al., 2022)

2.1.5.3. Consecuencias clínicas de la fractura por fatiga. La fractura de instrumentos representa un problema importante en endodoncia, ya que puede dificultar la limpieza y conformación adecuada del conducto radicular, comprometiendo la desinfección, el éxito del tratamiento y los pronósticos de la pieza dentaria. La presencia de un fragmento fracturado puede impedir un sellado apical efectivo, afectando negativamente la obturación del sistema radicular. Todos estos factores pueden reducir la eficacia clínica a largo plazo del tratamiento endodóntico, dado que la presencia de instrumentos fracturados en el interior del conducto se

asocia con una menor tasa de curación periapical. Aunque la remoción del instrumento fracturado es una alternativa, esta maniobra puede ser compleja, especialmente cuando la fractura se localiza en la porción apical del conducto, incrementando el riesgo de perforaciones o fractura radicular. (Al Obaida et al., 2022)

2.1.5.4. Métodos para el análisis de la fatiga cíclica. Las pruebas utilizadas para determinar la tolerancia al estrés cíclico en los sistemas de NiTi pueden clasificarse en dos tipos: estáticas y dinámicas. En las pruebas estáticas, el instrumento se introduce en un conducto radicular simulado hasta una profundidad específica y se hace rotar de forma continua sin oscilación axial generando la mayor tensión de flexión en el punto medio de la curvatura. Por el contrario, en las pruebas dinámicas, el instrumento realiza un movimiento alternante dentro del conducto radicular simulado, conocido como «movimiento de picoteo». Esta oscilación permite intervalos de tiempo entre ciclos de tensión, lo que puede prolongar el tiempo de fractura del instrumento. (Pedullá et al., 2024)

La resistencia a la torsión de los instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) suele evaluarse conforme a los lineamientos establecidos por la norma ISO 3630-1. Esta norma especifica el uso de un torsiómetro en el que se fijan rígidamente 3 mm de la punta del instrumento a un mandril de latón, aplicándose posteriormente un momento de torsión a una velocidad constante de 2 revoluciones por minuto (rpm). No obstante, esta metodología ha sido objeto de críticas, ya que reproduce una carga de torsión aislada bajo condiciones estáticas y controladas, que distan significativamente del entorno clínico real, donde los movimientos son dinámicos, variables y multifactoriales. En consecuencia, el valor diagnóstico de la norma ISO 3630-1 en su forma actual ha sido cuestionado por su limitada representatividad clínica en la evaluación de comportamiento mecánico de estos instrumentos. (Iacono et al., 2021)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Es un estudio:

- Experimental, porque implicó la manipulación in vitro de las variables para observar sus efectos en condiciones controladas.
- Prospectivo, porque se comprobó la resistencia a la fatiga cíclica en un tiempo determinado.
- Transversal, porque la recolección de datos se realizó en un único momento en el tiempo.
- Comparativo, porque se analizó las diferencias entre dos grupos de aleaciones para determinar si existen variaciones significativas en los resultados.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizó en el laboratorio de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la UNFV y en el laboratorio de HTL (Hight Technology Laboratory S.A.C) ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho en el año 2025.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable dependiente*

Resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos endodónticos NiTi.

Número de ciclos hasta la fractura

Longitud de fragmento fracturado

3.3.2. *Variable independiente*

Tipo de aleación de los instrumentos NiTi (dos tipos diferentes dentro del sistema de limas rotatorias de la marca DENCO, China).

3.3.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	TIPOS	ESCALA DE MEDICIÓN	VALORES
Resistencia a la fatiga cíclica	Es la capacidad de un instrumento endodóntico de soportar esfuerzos repetitivos de tracción y compresión durante su rotación en un conducto curvo, sin fracturarse.	Tiempo que tarda el instrumento en fracturarse al ser sometido a ciclos de tensión y compresión en un modelo in vitro.	Periodo de tiempo hasta la fractura (minutos) Valor continuo registrado con cronómetro.	Cuantitativa	Razón	Minutos (m)
Número de ciclos hasta la fractura (NFC)	Cantidad de ciclos de rotación que un instrumento endodóntico rotatorio puede soportar antes de fracturarse cuando es sometido a estrés por fatiga cíclica.	Número de ciclos que soporta el instrumento antes de fracturarse en un modelo experimental in vitro.	Número de ciclos hasta la fractura (NCF)	Cuantitativa	Razón	Ciclos

Longitud del fragmento fracturado	Longitud del segmento del instrumento endodóntico que se separa tras producirse la fractura por fatiga cíclica.	Longitud del fragmento del instrumento fracturado medida desde el punto de separación hasta el extremo apical del fragmento, utilizando un instrumento de medición milimetrado.	Longitud del fragmento fracturado (mm)	Cuantitativa	Razón	Milímetros (mm)
Tipo de aleación	Es la composición metalúrgica del instrumento NiTi, determinada por el tratamiento térmico aplicado y la proporción de níquel y titanio, que influye en sus propiedades mecánicas.	Clasificación del instrumento según la aleación informada por el fabricante o por análisis metalúrgico.	Aleación Blue Aleación Camaleón	Cualitativa	Nominal	1. Aleación Blue 2. Aleación Camaleón

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población del estudio estuvo conformada por instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) del sistema rotatorio de la marca Denco (China), comercializados en el mercado nacional y fabricados con diferentes tratamientos térmicos aplicados a la aleación.

3.4.2. Muestra

La muestra incluyó un total de 28 instrumentos endodónticos NiTi nuevos, pertenecientes a un mismo sistema de limas rotatorias de la marca Denco, distribuidos en dos grupos experimentales de acuerdo con la aleación: aleación blue™ y aleación camaleón™. El tamaño muestral se determinó utilizando la fórmula para comparación de dos medias, considerando un nivel de confianza del 95%, un poder estadístico del 80%, una diferencia mínima esperada de 1.00 segundos y una varianza estimada de 1.00, tomando como referencia los datos reportados por Hamid et al. (2024). El cálculo determinó un tamaño muestral mínimo de 12 instrumentos por grupo (Anexo B). Sin embargo, considerando posibles pérdidas durante la ejecución del estudio, se incluyeron 2 especímenes adicionales por grupo, por lo que se decidió trabajar con 14 instrumentos por grupo, haciendo un total de 28 instrumentos.

3.4.3. Criterios de selección

3.4.3.1. Criterios de inclusión. Se establecieron los siguientes criterios a considerar:

- Instrumentos endodónticos NiTi que pertenezcan al mismo sistema de limas rotatorias.
- Instrumentos endodónticos NiTi fabricados con aleación blue™.
- Instrumentos endodónticos NiTi fabricados con aleación camaleón™.
- Instrumentos endodónticos NiTi nuevos.
- Instrumentos endodónticos del mismo calibre y longitud.

3.4.3.2. Criterios de exclusión. Para la presente investigación, se determinaron los siguientes aspectos:

- Instrumentos endodónticos NiTi que presenten defectos de fábrica o deformaciones visibles.

- Instrumentos endodónticos NiTi reutilizados.
- Instrumentos endodónticos NiTi de diferentes sistemas o marcas.
- Instrumentos endodónticos NiTi de aleaciones similares.
- Instrumentos endodónticos NiTi de diferente calibre y longitud.

3.5. Instrumentos

- Instrumentos endodónticos NiTi del sistema Denco®, China.
- Motor Endo Pace marca Woodpecker®, China.
- Cámara digital (Canon®, Japón).
- Materiales para registro y almacenamiento de datos.

3.6. Procedimientos

Se remitió una carta de presentación a la Facultad de Odontología de la UNFV, a fin de gestionar el acceso al laboratorio de Endodoncia, el cual fue autorizado mediante el oficio correspondiente (Anexo C). Se programó una fecha de inicio para la revisión de los materiales necesarios en el laboratorio de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la UNFV, a fin de garantizar el estado óptimo de los instrumentos rotatorios a utilizar en el estudio. La muestra estuvo conformada por limas F2 nuevas y selladas del sistema Denco® Super File III, en sus aleaciones Blue™ y Camaleón™.

Cada instrumento fue retirado de su empaque original y examinado individualmente mediante el uso de una lupa de aumento, para verificar la integridad estructural de las limas y descartar posibles defectos de fabricación. Asimismo, las limas fueron clasificadas y distribuidas en contenedores identificados según el grupo correspondiente a cada aleación (Anexo D).

Concluida la fase de selección y clasificación, las limas fueron trasladadas al laboratorio HTL, donde se llevó a cabo la prueba experimental de resistencia a la fatiga cíclica. Para ello, se utilizó un equipo compuesto por una base estabilizadora para fijar el motor endodóntico Endo Pace marca WOODPECKER® (China) en una posición única y reproducible, y una platina de acero inoxidable con tapa de cristal, diseñada para simular un canal radicular artificial (Anexo E). Asimismo, los equipos fueron debidamente calibrados previo a la ejecución de las pruebas (Anexo F).

Este dispositivo presenta diferentes angulaciones de curvatura; sin embargo, para el presente estudio se utilizó únicamente la angulación de 60° con un radio de curvatura de 8 mm, con el fin de estandarizar las condiciones experimentales.

Durante la ejecución del ensayo, el motor endodóntico fue accionado en movimiento de rotación continua, configurado a una velocidad de 300 rpm y un torque 2.5 N/cm. El tiempo transcurrido hasta la fractura de cada lima fue registrado en minutos utilizando un cronómetro calibrado, manteniéndose constantes en todas las pruebas la angulación del canal simulado, la velocidad de rotación y el torque del motor endodóntico. A partir del tiempo registrado hasta la fractura, se calculó el número de ciclos hasta la fractura (NCF) de cada instrumento evaluado (Anexo G).

Tras concluir la fase experimental, los instrumentos fueron trasladados nuevamente al laboratorio de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la UNFV, donde se procedió a medir la longitud del fragmento fracturado de cada instrumento utilizando un vernier digital, registrando las mediciones en milímetros (Anexo H).

Los resultados obtenidos fueron proporcionados por el laboratorio HTL mediante un informe, en el cual se presentan los datos de tiempo hasta la fractura y NCF de cada instrumento evaluado (Anexo I). A partir de ese informe, los datos fueron organizados y tabulados en una

hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, en el cual se diseñó una ficha de recolección de datos (Anexo J).

Finalmente, la información fue procesada y analizada mediante el software estadístico SPSS versión 27.0.

3.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizó el software estadístico SPSS versión 27.0. Se realizó un análisis descriptivo mediante medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar) para los tiempos hasta la fractura y el número de ciclos hasta la fractura (NCF) registrados en ambos grupos. Posteriormente, se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro Willk (tamaño de muestra <50) con el fin de determinar la distribución de los datos. observándose distribución normal, utilizando la prueba t de Student para comparar los promedios entre los grupos según el tipo de aleación. El nivel de significancia estadística fue establecido en un valor de $p < 0.05$.

3.8. Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental in vitro y no involucró la participación de seres humanos ni animales, por lo que no representó riesgos bioéticos. Se obtuvo la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Odontología de la UNFV (Acta de aprobación N° 304-09-2025) como también de la Oficina de Grados y Gestión del Egresado (OGYGE) (Anexo K).

Posterior a ello, se garantizó el manejo responsable de los materiales utilizados, así como, la disposición adecuada de los residuos generados, conforme a las normas de bioseguridad del laboratorio. Asimismo, se aseguró la integridad de los datos obtenidos y el desarrollo del estudio con base en criterios de rigor científico y transparencia. La investigadora no presenta conflictos de interés con la marca empleada de instrumentos endodónticos.

IV. RESULTADOS

Los resultados de este estudio se obtuvieron mediante un análisis experimental in vitro, realizado con instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) de la marca Denco®, fabricados con dos aleaciones distintas (Blue™ y Camaleón™). Se utilizó un simulador de canal radicular y un motor rotatorio estandarizado para evaluar la resistencia a la fatiga cíclica, registrando el tiempo hasta la fractura de cada instrumento en minutos. Se registró el tiempo hasta la fractura de cada instrumento en minutos, así como la longitud del fragmento fracturado. A partir de estos datos, se determinó el número de ciclos hasta la fractura (NCF) de cada instrumento.

Tabla 1

Resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca Denco

	Fatiga Cíclica (Minutos)				
	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Aleación Blue™	14	4.61	0.80	4.00	6.92
Aleación Camaleón™	14	3.73	0.47	3.12	4.80

Nota. Los instrumentos fabricados con aleación Blue™ mostraron una mayor resistencia ante ciclos de carga más elevada, con una media de 4.61 ± 0.80 minutos, mientras que, los de aleación Camaleón™ presentaron una media inferior de 3.73 ± 0.47 minutos. Además, se observó un mayor rango de variabilidad en el grupo Blue (mín= 4.00, máx= 6.92) en comparación con el grupo Camaleón (mín=3.12, máx=4.80).

Tabla 2

Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca Denco

Fatiga Cíclica (Minutos)		
	Media $\pm$ D.E.	p^* -valor (t de Student)
Aleación Blue™	4.61 $\pm$ 0.80	0.002
Aleación Camaleón™	3.73 $\pm$ 0.47	

Nota. Durante el análisis comparativo del rendimiento frente a la fatiga entre los instrumentos endodónticos de aleación Blue™ y aleación Camaleón™, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos mediante la prueba t de Student para muestras independientes ($p = .002$). La prueba de Levene no resultó significativa ($F = 0.71$, $p = .408$), por lo que se considera igualdad de varianzas. La media de resistencia fue mayor en los instrumentos con aleación Blue™ en comparación con los de aleación Camaleón™, lo que indica que los primeros presentaron un mayor desempeño bajo condiciones de fatiga cíclica en este estudio in vitro.

Tabla 3

Comparación del NCF y la longitud del fragmento fracturado en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca Denco®

Grupo		Media $\pm$ D.E.	p^* -valor (t de Student)
Número de ciclos hasta la fractura	Aleación Blue	1292.14 $\pm$ 236.85	0.003
	Aleación Camaleón	1057.71 $\pm$ 130.97	
Longitud del fragmento fracturado (mm)	Aleación Blue	5.38 $\pm$ 2.24	0.673
	Aleación Camaleón	5.09 $\pm$ 1.13	

Nota. En la comparación del NCF entre los instrumentos endodónticos de aleación Blue™ y aleación Camaleón™, la prueba de Levene no resultó significativa ($F = 1.05$, $p = .314$), por lo

que se consideró igualdad de varianzas. Se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p = .003$), siendo mayor el promedio de número de ciclos antes de la falla en los instrumentos de aleación Blue™ ($M = 1292.14$) en comparación con los de aleación Camaleón™ ($M = 1057.71$). En cuanto a la longitud del fragmento fracturado, la prueba de Levene fue significativa ($F = 4.95$, $p = .035$), por lo que no se consideró igualdad de varianzas. No se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($p = .674$). Los instrumentos de aleación Blue™ presentaron una longitud de fractura ligeramente mayor ($M = 5.38$ mm) frente a los de aleación Camaleón™ ($M = 5.09$ mm), sin embargo, esta diferencia no fue significativa.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

La fatiga cíclica se produce cuando el instrumento rota dentro de conductos curvos y estrechos, generando tensiones alternantes de tracción y compresión de manera repetitiva. Con el tiempo, estos esfuerzos provocan una degradación progresiva del material, lo que compromete su integridad estructural y eleva la probabilidad de una ruptura del instrumento. (Pujara et al., 2024)

El uso de instrumental de níquel-titanio representó un avance significativo en el tratamiento de conductos radiculares, debido a que ofrecen una preparación más rápida y brindan una flexibilidad superior en comparación con los instrumentos de acero inoxidable. Estas características permiten mantener mejor la anatomía original del canal, reducen errores durante el procedimiento y optimizan el tiempo de instrumentación. (Barreto-Peña et al., 2022) Estas propiedades están directamente relacionadas con las características metalúrgicas de la aleación NiTi, cuya superelasticidad y mayor flexibilidad influyen no solo en la conformación del conducto, sino también en su rendimiento mecánico bajo condiciones de fatiga.

Respecto a las aleaciones evaluadas, la aleación Blue™ se obtiene mediante un proceso termo-mecánico que genera una capa superficial de óxido, responsable de su color característico. Este tratamiento favorece una mayor presencia de fase martensítica estable, lo que incrementa la flexibilidad del instrumento y puede mejorar su resistencia a la fatiga cíclica en comparación con las aleaciones convencionales de NiTi. (Barakat et al., 2024)

Por su parte, la aleación Camaleón™ presenta un tratamiento térmico propio y un recubrimiento superficial basado en nanotecnología. Según el fabricante, este tratamiento incrementa la dureza y la tenacidad superficial, además de mejorar la capacidad de corte. No obstante, la información detallada sobre su proceso metalúrgico no es especificada, lo que dificulta establecer con precisión su comportamiento frente a la fatiga cíclica. (Oliveira Neto et al., 2024)

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los instrumentos NiTi fabricados con tecnología Blue™ superaron de forma significativa la tolerancia al estrés cíclico observada en los instrumentos de aleación Camaleón™. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Aydin et al. (2024), quienes encontraron diferencias significativas en la resistencia a la fatiga cíclica entre distintos sistemas rotatorios, atribuyendo el mejor desempeño a las características del procesamiento metalúrgico y al diseño del instrumento. De manera similar, Martins et al. (2024) demostraron que los sistemas sometidos a tratamiento térmico presentaron mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con aquellos fabricados con aleaciones convencionales.

Estas diferencias podrían atribuirse al procesamiento termo-mecánico y a las propiedades metalúrgicas propias de cada aleación, las cuales influyen en su comportamiento mecánico del instrumento frente a esfuerzos cíclicos.

Desde el punto de vista clínico, incrementar la capacidad de soporte ante cargas cíclicas, resulta fundamental para disminuir la probabilidad de fractura del instrumento dentro del conducto radicular, contribuyendo así a procedimientos endodónticos más seguros y con menor riesgo de complicaciones.

Además de la resistencia a la fatiga cíclica, el presente estudio incluyó el análisis complementario de la cantidad de rotaciones totales previas a la fractura y la longitud del segmento fracturado, con la finalidad de ampliar la interpretación del comportamiento mecánico de los instrumentos.

En relación con el NCF, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados, siendo mayores en los instrumentos fabricados con aleación Blue™ en comparación con la aleación Camaleón™. Estos resultados son concordantes con lo reportado por Pham (2023), quien señaló que las propiedades del material y el tratamiento térmico influyen significativamente en dicho parámetro. Asimismo, Hamid et al. (2024) demostraron

que el NCF puede verse influido por las características geométricas del canal simulado, particularmente el radio y el ángulo de curvatura. No obstante, dado que en el presente estudio las características de los canales simulados fueron estandarizadas, las diferencias observadas podrían atribuirse principalmente a las propiedades metalúrgicas propias de cada aleación.

Por el contrario, en cuanto a la longitud del fragmento fracturado, no se evidenció variaciones de relevancia estadística al comparar las dos muestras evaluadas. De manera similar, Hamid et al. (2024) señalaron que la longitud del fragmento fracturado estuvo relacionada con las características geométricas del conducto simulado, particularmente el radio y el ángulo de curvatura. Este planteamiento teórico permite interpretar la similitud observada en el presente estudio, considerando que el diseño de los canales simulados fue estandarizado para ambos grupos.

Aunque la aleación Blue™ presentó valores superiores de NCF, la similitud en la longitud del fragmento fracturado sugiere que las diferencias observadas se relacionan principalmente con la resistencia del material.

VI. CONCLUSIONES

6.1. El presente estudio in vitro demostró que los instrumentos de NiTi procesados con aleación Blue™ del sistema DENCO® presentan un comportamiento mecánico superior frente al estrés cíclico en contraste con la aleación Camaleón™.

6.2. En relación con el NCF, los instrumentos de aleación Blue™ soportaron un mayor número de ciclos antes de fracturarse, lo que refuerza su mayor resistencia mecánica.

6.3. No se observaron diferencias relevantes en la longitud del fragmento fracturado entre ambas aleaciones.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda realizar estudios comparativos que incluyan otros sistemas o marcas de limas rotatorias, con el propósito de ampliar la evidencia científica respecto al comportamiento mecánico de distintas aleaciones disponibles en el mercado.

7.2. Se sugiere realizar futuras investigaciones que analicen la respuesta al estrés cíclico de los sistemas rotatorios bajo condiciones de curvaturas diversas, tales como 30° y 45° , para ampliar el conocimiento sobre su comportamiento mecánico.

7.3. Se recomienda evaluar el efecto del número de usos de las limas rotatorias, incorporando procesos de esterilización mediante autoclave entre cada uso, a fin de determinar cómo repercute este proceso en la durabilidad ante el fallo cíclico y su comportamiento mecánico.

VIII. REFERENCIAS

- Agrawal, P. R., Chandak, M., Nikhade, P. P., Patel, A. S. & Bhopatkar, J. K. (2024). Revolutionizing endodontics: Advancements in nickel-titanium instrument surfaces. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(2), 126-133. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_248_23
- Alajemi, M. & AbuMostafa, A. (2024). Effect of simulated clinical use and sterilization on the cyclic fatigue resistance of nickel titanium files. *PeerJ*, 12, e17418. <https://doi.org/10.7717/peerj.17418>
- Al-Obaida, M. I., Alzuwayer, A. A., Alanazi, S. S. & Balhaddad, A. A. (2022). In Vitro Analysis of the Fatigue Resistance of Four Single File Canal Preparation Instruments. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/ma15020688>
- Aydın, U., Özdemir, M., Çulha, E., Baştürk Özer, M. N. & Turan, B. (2024). Evaluation of Cyclic Fatigue Resistance of Novel Replica-Like Instruments in Static Test Model. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2024(1), 8842478. <https://doi.org/10.1155/2024/8842478>
- Barakat, R. M., Almohareb, R. A., Algahtani, F. N., Altamimi, A. A., Alfuraih, J. I., Bahlol, L. S. & Jamleh, A. (2024). Comprehensive Characterization of Blue Wire NiTi File Failure: A Comparative Analysis of Cyclic Fatigue and Torsional Resistance Properties. *Coatings*, 14(3), 361. <https://doi.org/10.3390/coatings14030361>
- Barreto-Peña, V., Achachao-Almerco, K., Ríos-Villasis, K., Villafranca-Vásquez, J. & García-Rivera, H. (2022). Influencia de la cinemática en la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotativos de un sistema original y tipo réplica. *Kiru*, 19(2), 46-52. <https://doi.org/10.24265/kiru.2022.v19n2.01>

- Campbell, F., Cunliffe, J., & Darcey, J. (2021). Current technology in endodontic instrumentation: Advances in metallurgy and manufacture. *British Dental Journal*, 231(1), 49-57. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-3170-1>
- Costa, T. D., Silva, E. D. F. E., Caetano, P. L., Campos, M. J. D. S., Resende, L. M., Machado, A. G. & Do Carmo, A. M. R. (2021). Corrosion resistance assessment of nickel-titanium endodontic files with and without heat treatment. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(1). <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e6>
- Drukteinis, S., Peciuliene, V., Bendinskaite, R., Brukiene, V., Maneliene, R. & Rutkunas, V. (2020). Shaping and Centering Ability, Cyclic Fatigue Resistance and Fractographic Analysis of Three Thermally Treated NiTi Endodontic Instrument Systems. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/ma13245823>
- El-Dreny, M. A., Ibrahim, M. M. & Badr, A. E. (2022). Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Three Ni-Ti Rotary Files. *Mansoura Journal of Dentistry*, 9(3), 106-109. <https://doi.org/10.21608/mjd.2022.259772>
- Faus-Matoses, V., Pérez García, R., Faus-Llácer, V., Faus-Matoses, I., Alonso Ezpeleta, Ó., Albaladejo Martínez, A. & Zubizarreta-Macho, Á. (2022). Comparative Study of the SEM Evaluation, EDX Assessment, Morphometric Analysis, and Cyclic Fatigue Resistance of Three Novel Brands of NiTi Alloy Endodontic Files. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4414. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074414>
- Gouédard, C., Pino, L., Arbab-Chirani, R., Arbab-Chirani, S. & Chevalier, V. (2022). Comparison of the cyclic fatigue resistance of One Curve, F6 Skytaper, Protaper Next, and Hyflex CM endodontic files. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 47(2), e16. <https://doi.org/10.5395/rde.2022.47.e16>

- Hamid, T., Malik, A., Kumar, A. & Anjum, S. (2024). Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of thermomechanically treated NiTi rotary instruments in simulated curved canals with two different radii of curvature: An in vitro Study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(4), 393-399. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_32_24
- Hülsmann, M. (2019). Research that matters: Studies on fatigue of rotary and reciprocating NiTi root canal instruments. *International Endodontic Journal*, 52(10), 1401-1402. <https://doi.org/10.1111/iej.13194>
- Iacono, F., Pirani, C., Gatto, M. R., Prati, C. & Peters, O. A. (2021). Combining apical torsional load and cyclic fatigue resistance of NiTi instruments: New approach to determine the effective lifespan of rotary instruments. *Australian Endodontic Journal*, 47(3), 429-434. <https://doi.org/10.1111/aej.12495>
- Kwak, S. W., Shen, Y., Liu, H., Wang, Z., Kim, H.-C. & Haapasalo, M. (2021). Heat Treatment and Surface Treatment of Nickel–Titanium Endodontic Instruments. *Frontiers in Dental Medicine*, 2. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2021.769977>
- Lima Álvarez, L., Rodríguez Álvarez, I. L. & Maso Galán, M. Z. (2019). Eficacia de la técnica paso-atrás en tratamientos de endodoncia en una sesión. *Revista Cubana de Estomatología*, 56(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072019000100002&lng=es&tlng=es.
- Martins, J. N. R., Nogueira Leal Silva, E. J., Marques, D., Ginjaia, A., Braz Fernandes, F. M., De Deus, G. & Versiani, M. A. (2020). Influence of Kinematics on the Cyclic Fatigue Resistance of Replicallike and Original Brand Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*, 46(8), 1136-1143. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.001>
- Martins, J. N. R., Silva, E. J. N. L., Marques, D., Braz Fernandes, F. M. & Versiani, M. A. (2024). Comprehensive Assessment of Cyclic Fatigue Strength in Five Multiple-File

Nickel–Titanium Endodontic Systems. *Materials*, 17(10), 2345.

<https://doi.org/10.3390/ma17102345>

Oliveira Neto, R. S. D., Duarte, M. A. H., Vivan, R. R., Lima, T. O., Rosa, S. J., Cordova, A.

V. I. T., Osaki, R. B. & Alcalde, M. P. (2024). Resistência à fadiga cíclica e torcional de cinco instrumentos rotatórios de NiTi fabricados com diferentes tratamentos térmicos e secções transversais. *Dental Press Endodontics*, 14(1), 9-28.

<https://doi.org/10.14436/2358-2545.14.1.009-028.top>

Özyürek, T. (2016). Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *Journal of Endodontics*, 42(10), 1536-1539.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.06.019>

Özyürek, T., Gündoğar, M., Uslu, G., Yılmaz, K., Staffoli, S., Nm, G., Plotino, G. & Polimeni, A. (2018). Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontology*, 106(4), 408-413.

<https://doi.org/10.1007/s10266-018-0340-y>

Pedullà, E., Carlesi, T., Pappalardo, A., Canova, F. S., Malagnino, V. A., La Rosa, G. R. M. & Generali, L. (2024). Impact of pecking amplitude on cyclic fatigue of new nickel-titanium files. *Clinical and Experimental Dental Research*, 10(1), e811.

<https://doi.org/10.1002/cre2.811>

Pedullà, E., Corsentino, G., Ambu, E., Rovai, F., Campedelli, F., Rapisarda, S., La Rosa, G. R., Rapisarda, E. & Grandini, S. (2018). Influence of continuous rotation or reciprocation of Optimum Torque Reverse motion on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 51(5), 522-528.

<https://doi.org/10.1111/iej.12769>

- Pham, V.-K. (2023). Dynamic cyclic fatigue resistance of NiTi instruments in a double-curved stainless-steel canal with variable distances of displacement. *Frontiers in Materials*, 10, 1181356. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1181356>
- Pujara, S. M., Shah, H. B. & Jobanputra, L. H. (2024). Comparative Evaluation of the Cyclic Fatigue Resistance of WaveOne Gold in Reciprocation, ProGlider in Rotary Motion, and Manual Files in a Reciprocating Handpiece Within Simulated Curved Canals: An In Vitro Study. *Cureus*, 16(8), e67704. <https://doi.org/10.7759/cureus.67704>
- Ragozzini, G., Abu Hasna, A., Dos Reis, F. A. S., De Moura, F. B., Campos, T. M. B., Bueno, C. E. S., Carvalho, C. A. T. & De Martin, A. S. (2024). Effect of Autoclave Sterilization on the Number of Uses and Resistance to Cyclic Fatigue of WaveOne Gold and Four Replica-Like Endodontic Instruments. *International Journal of Dentistry*, 2024(1), 6628146. <https://doi.org/10.1155/2024/6628146>
- Ragozzini, G., Abu Hasna, A., Dos Reis, F. A. S., de Moura, F. B., Campos, T. M. B., Bueno, C. E. S., Carvalho, C. A. T. & de Martin, A. S. (2024). Effect of Autoclave Sterilization on the Number of Uses and Resistance to Cyclic Fatigue of WaveOne Gold and Four Replica-Like Endodontic Instruments. *International Journal of Dentistry*, 2024, 6628146. <https://doi.org/10.1155/2024/6628146>
- Savitha, S., Sharma, S., Kumar, V., Chawla, A., Vanamail, P. & Logani, A. (2022). Effect of body temperature on the cyclic fatigue resistance of the nickel-titanium endodontic instruments: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 25(4), 338-346. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_55_22
- Schäfer, E., Bürklein, S. & Donnermeyer, D. (2022). A critical analysis of research methods and experimental models to study the physical properties of NiTi instruments and their fracture characteristics. *International Endodontic Journal*, 55 Suppl 1, 72-94. <https://doi.org/10.1111/iej.13673>

SHENZHEN Denco Medical Co., Ltd. (2024). Instructions for use of Super Files III (DJYL-IFU-B027).

Srivastava, S. (2018). Current Strategies in Metallurgical Advances of Rotary NiTi Instruments: A Review. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*, 9(1). <https://doi.org/10.15406/jdhodt.2018.09.00333>

Srivastava, S. (2024). Root Canal Instrumentation: Current Trends and Future Perspectives. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.58045>

Uslu, O., Haznedaroglu, F. & Keskin, C. (2023). Comparison of mechanical resistance and standardisation between original brand and replica-like endodontic systems. *Australian Endodontic Journal*, 49(1), 149-158. <https://doi.org/10.1111/aej.12639>

Wall, S., Maureira, S., Madrid, C. & Antini, C. (2021). Instrumentación rotatoria comparado con instrumentación manual para tratamiento endodóntico en dientes permanentes. *International Journal of Interdisciplinary Dentistry*, 14(1), 67-72. <https://doi.org/10.4067/S2452-55882021000100067>

Zanza, A., Russo, P., Reda, R., Di Matteo, P., Donfrancesco, O., Ausiello, P. & Testarelli, L. (2022). Mechanical and Metallurgical Evaluation of 3 Different Nickel-Titanium Rotary Instruments: An In Vitro and In Laboratory Study. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/bioengineering9050221>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Existirán diferencias en la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones distintas en un sistema de limas rotatorias, mediante un estudio in vitro?	Objetivo General: Comparar la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones distintas en un sistema de limas rotatorias, mediante un estudio in vitro. Objetivos Específicos: 1. Evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un	Existen diferencias en la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias bajo condiciones in vitro.	Variable dependiente: - Resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos endodónticos NiTi. - Número de ciclos hasta la fractura. - Longitud de fragmento fracturado. Variable independiente: Tipo de aleación de los instrumentos NiTi (dos tipos	Tipo de investigación: Estudio experimental, prospectivo, transversal y comparativo. Población: La población del estudio estará conformada por instrumentos endodónticos de níquel-titanio (NiTi) del sistema rotatorio de la marca Denco®. Muestra: La muestra estará compuesta por un total de 28 instrumentos endodónticos NiTi nuevos, pertenecientes a

	sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®. 2. Comparar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®. 3. Comparar el número de ciclos hasta la fractura y la longitud del fragmento fracturado entre instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®.		diferentes dentro del sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®, (China).	un mismo sistema de limas rotatorias de la marca DENCO®, distribuidos en dos grupos experimentales de acuerdo con la aleación: aleación blue™ y aleación camaleón™.
--	---	--	---	--

9.2. Anexo B

9.2.1. Comparación de dos medias

		Indique número del tipo de test.
Tipo de test (unilateral o bilateral)	1	UNILATERAL
Nivel de confianza o seguridad ($1-\alpha$)	95%	
Poder estadístico	80%	
Precisión (α) (Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar, datos cuantitativos)	1.00	
Varianza (s^2) (De la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia)	1.00	
TAMAÑO MUESTRAL (n)	12	

9.3. Anexo C

9.3.1. Carta de presentación



Universidad Nacional

Federico Villarreal

"Año de la recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

FACULTAD DE

ODONTOLOGIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO

Pueblo Libre, 17 de noviembre de 2025.

OFICIO N° 0290-2025-DA-FO-UNFV

Magister

CESAR HUMBERTO CHAVEZ DIAZ

RESPONSABLE DEL TALLER – CLINICA DE ENDODONCIA

Presente. -

ASUNTO: Autorización para el Uso del Laboratorio.

REFERENCIA: 1. Carta S/N de la OFICINA DE GRADOS Y
GESTIÓN DEL EGRESADO (recibida 17/11/2025)

2. Racionalización 2025.

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y en atención a la racionalización académica 2025, sírvase brindar las facilidades del caso a la Bachiller en Odontología Sr. **ANA LIZETH ALTAMIRANO ZULUETA**, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis, Titulado: «**COMPARACION DE RESISTENCIA A LA FATIGA CICLICA EN INSTRUMENTOS ENDODONTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE LIMA ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO**», la misma que permitirá desarrollar su trabajo de investigación, en preparación de las muestras del proyecto.

Sin otro particular es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de nuestra especial consideración.

Atentamente,

Dr. Paul Orestes Mendoza Murillo
Director
Departamento Académico

Se adjunta Protocolo de Tesis
//Flor Barrera

CC. ANA LIZETH ALTAMIRANO ZULUETA
Folios: 41
NT: 083473-2025



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 12 de noviembre de 2025

**Dr.
PAUL ORESTES MENDOZA MURILLO
DIRECTOR – DEPARTAMENTO ACADÉMICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ATENCIÓN: LABORATORIO DE ENDODONCIA
Presente.-**

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología, Srta. Ana Lizeth Altamirano Zulueta, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN
INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES
EN UN SISTEMA DE LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Altamirano quien realizará el siguiente trabajo:

✓ *Revisión de materiales.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovar los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



Firmado digitalmente por:
MEDINA Y MENDOZA Julia
Elbia FAU 20170934289 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 12/11/2025 18:18:14-0500

**Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Se adjunta: Plan de Tesis – folios (41)
e-mail: 2018026268@unfv.edu.pe

111-2025
NT: 083473- 2025
JEMM/Luz V.

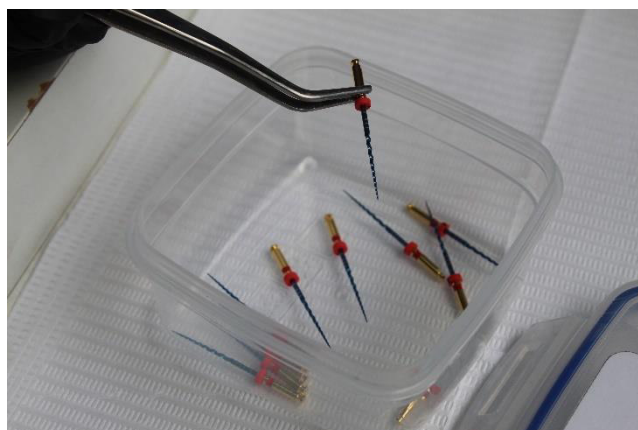
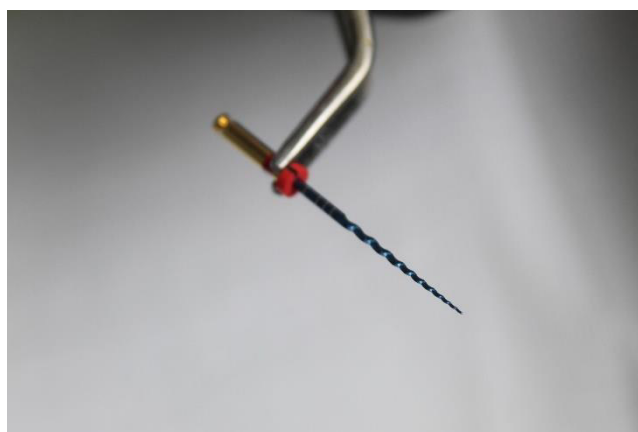
Calle San Marcos N° 351 – Pueblo Libre -
Correo electrónico: ogt.fo@unfv.edu.pe

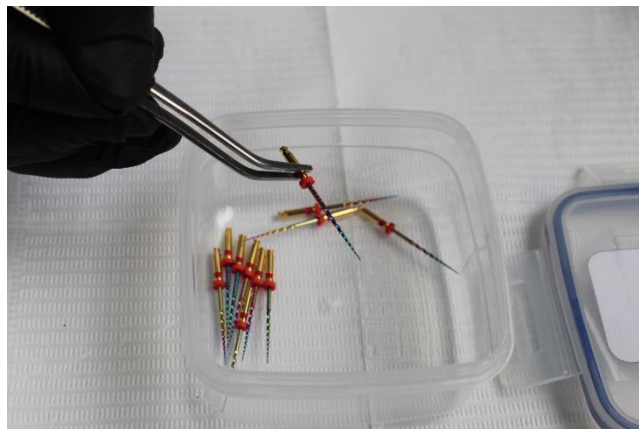
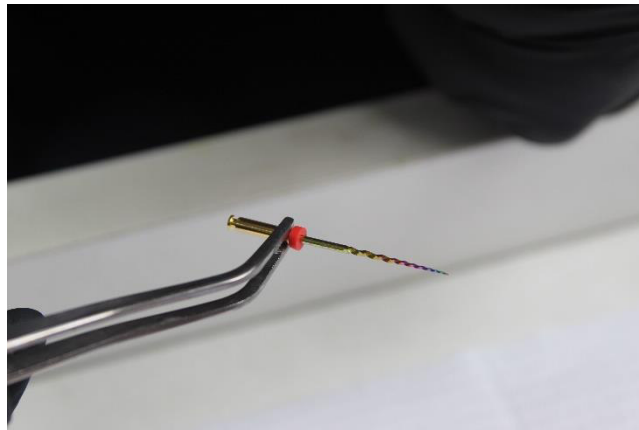
Telef.: 7480888 - 8335

9.4. Anexo D

9.4.1. Revisión inicial en el laboratorio de Endodoncia

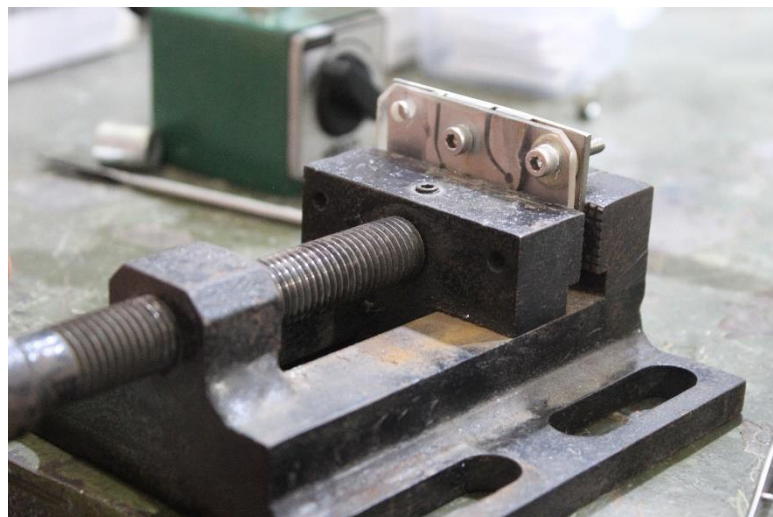






9.5. Anexo E

9.5.1. Prueba experimental en el laboratorio HTL



9.6. Anexo F

9.6.1. Certificado de calibración



INGENIERÍA EN METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 1

Nº CRTU-010-2024

Fecha de emisión: 2024-08-08

Expediente: 2413-2024

UNIDAD BAJO PRUEBA: CRONÓMETRO

Marca: Q & Q
Modelo: ET-K9308
Serie: 206Q05R
Identificación: UMR-005 (*)
Ubicación: No Indica

Tipo de indicación: Digital
Alcance de indicación: 23 h 59 m 59 s
División de escala: 0,01 s
Procedencia: China

SOLICITANTE: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.

Dirección: JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

DE LA CALIBRACIÓN:

Fecha: 2024-06-14 al 2024-06-15
Lugar: Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método: Comparación directa con cronómetro patrón certificado.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Tiempo Medido	Promedio Patrón (s)	Promedio Equipo (s)	Error de Indicación (s)	Incertidumbre ± (s)
0 s	0,00	0,00	0,00	0,01
5 s	5,00	5,03	-0,03	0,58
30 s	30,00	30,03	-0,03	0,58
1 min	60,00	60,03	-0,03	0,58
10 min	600,00	600,05	-0,05	0,58
30 min	1800,00	1800,07	-0,07	0,58
1 h	3599,00	3599,07	-0,07	0,58

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,2	21,8
Humedad Relativa (%hr)	64	65

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Cronómetro patrón de 0,01 s de resolución CR-02	LTF-022-2022 - INACAL-DM

OBSERVACIONES:

- (*) Identificación asignada por UNIMETRO S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- El resultado de cada una de las medidas es de un promedio de 5 mediciones.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294
Ing. Moises A. Inga Chucos

Fecha:
2024.08.08
14:17:58
-05'00'



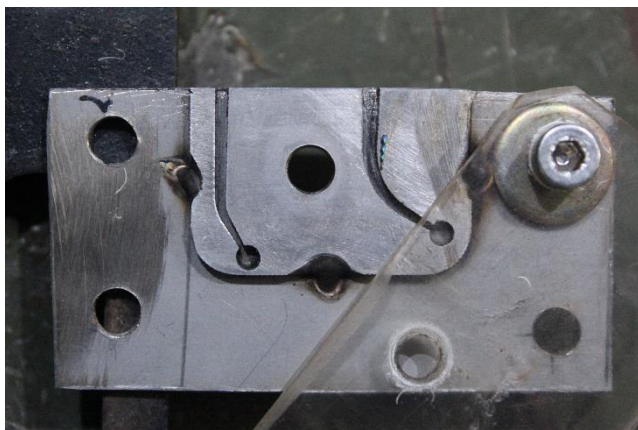
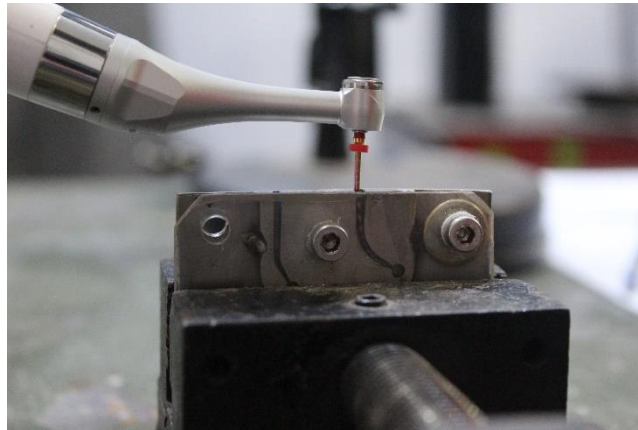
PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

"Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima, Perú
Telef.: (511) 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981421743
Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com"

9.7. Anexo G

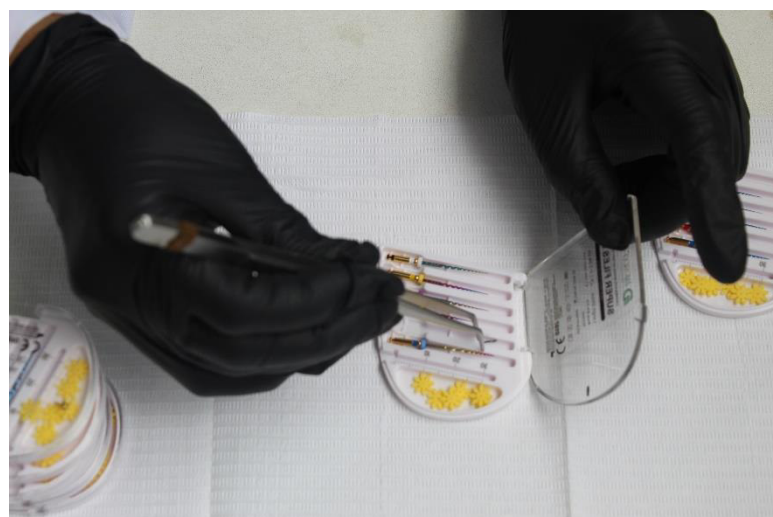
9.7.1. Registro del tiempo hasta la fractura de cada lima

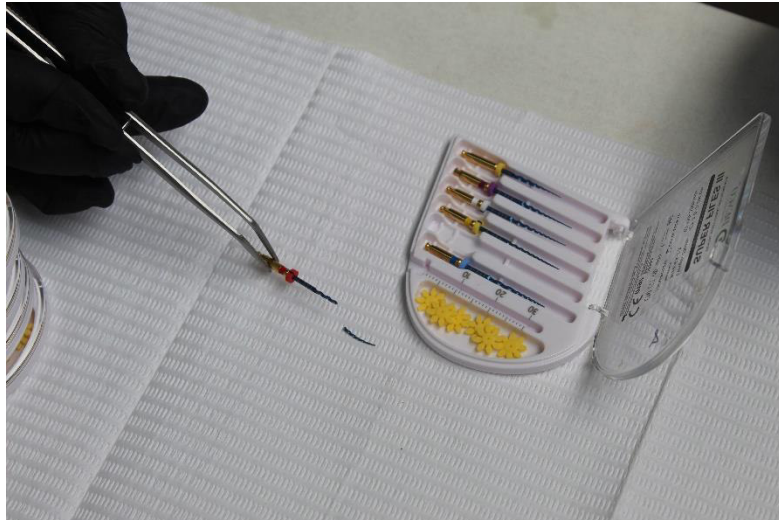




9.8. Anexo H

9.8.1. Evaluación de los fragmentos fracturados





9.9. Anexo I

9.9.1. Informe de resultados



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO		IEO-0267-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	02-11-2025
ENSAYO DE FRACTURA CÍCLICA EN LIMAS ROTATORIAS ODONTOLÓGICAS					
1. DATOS DE LOS TESIS					
Nombre de tesis	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO."				
Nombres y Apellidos	: Ana Lizeth Altamirano Zulueta				
Dni	: 71342694				
Dirección	: Jr. Bogota 496 Urb. El Parral Comas				
2. EQUIPOS UTILIZADOS					
Instrumento	Marca	Aproximación	Calibración	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos únicamente para las muestras ensayadas.	
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm	LCL-006-2025		
Cronómetro	Q & Q	0,01 s	CRTU-010-2024		
Patron de acero inoxidable	S/m	60°	--		
Base magnetica	Insize - 6201-60	--	23010942		
Endomotor	Endo Pace	1 RPM	S/N E2561051P		
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA					
Muestras de limas rotatorias odontológicas	Cantidad	: Veintiocho (28) muestras			HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: Muestras de Limas rotatorias			
	Grupo 1	: Aleación Blue			
	Grupo 2	: Aleación Camaleón			
*Información proporcionada por el solicitante.					
4. RECEPCION DE MUESTRAS					
Fecha de Recepción de muestras	01 de Diciembre del 2025			Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de calidad de la entidad que lo produce.	
Condiciones de la muestra	---				
Analista asignado	RET				
Fecha de Ensayo	01 de Diciembre del 2025				
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentas 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.				
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final			
Temperatura	21.4 °C	21.4 °C			
Humedad Relativa	71 %HR	71 %HR			
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO					
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:					
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN			CAPITULO/NUMERAL	
según solicitante	Se realizó la prueba de fatiga utilizando un endomotor Woodpecker montado en un soporte magnético de acero con un patrón de acero inoxidable de angulación de 60°, el ensayo se realizó hasta la fractura de la lima.			---	

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 2

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

INFORME DE ENSAYO		IEO-0267-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	02-11-2025	
7. RESULTADOS DE ENSAYOS						
Grupo 1: Aleación Blue						
Muestra	Tiempo de fractura (min)	Rpm	Rpm Totales	Torque (N.cm)	Angulo de prueba (°)	Observaciones
1	6.55	300	1965	2.5	60	Fractura de la lima
2	4.34	300	1302	2.5	60	Fractura de la lima
3	4.13	300	1239	2.5	60	Fractura de la lima
4	5.47	300	1641	2.5	60	Fractura de la lima
5	3.87	300	1161	2.5	60	Fractura de la lima
6	4.08	300	1224	2.5	60	Fractura de la lima
7	3.69	300	1107	2.5	60	Fractura de la lima
8	3.60	300	1080	2.5	60	Fractura de la lima
9	4.03	300	1209	2.5	60	Fractura de la lima
10	4.41	300	1323	2.5	60	Fractura de la lima
11	4.12	300	1236	2.5	60	Fractura de la lima
12	4.33	300	1299	2.5	60	Fractura de la lima
13	3.89	300	1167	2.5	60	Fractura de la lima
14	3.79	300	1137	2.5	60	Fractura de la lima
Grupo 2: Aleación Camaleón						
Muestra	Tiempo de fractura (min)	Rpm	Rpm Totales	Torque (N.cm)	Angulo de prueba (°)	Observaciones
1	3.27	300	981	2.5	60	Fractura de la lima
2	3.18	300	954	2.5	60	Fractura de la lima
3	3.15	300	945	2.5	60	Fractura de la lima
4	3.39	300	1017	2.5	60	Fractura de la lima
5	4.48	300	1344	2.5	60	Fractura de la lima
6	4.17	300	1251	2.5	60	Fractura de la lima
7	3.30	300	990	2.5	60	Fractura de la lima
8	3.43	300	1029	2.5	60	Fractura de la lima
9	3.37	300	1011	2.5	60	Fractura de la lima
10	4.20	300	1260	2.5	60	Fractura de la lima
11	3.48	300	1044	2.5	60	Fractura de la lima
12	3.58	300	1074	2.5	60	Fractura de la lima
13	3.07	300	921	2.5	60	Fractura de la lima
14	3.29	300	987	2.5	60	Fractura de la lima
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE				
El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.						
FIN DEL DOCUMENTO						

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

www.ensayoshtl.pe

9.10. Anexo J

9.10.1. Ficha de recolección de datos

Estudio: Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos NiTi de dos aleaciones diferentes en un sistema de limas rotatorias. Estudio in vitro.

[illegible]

9.11. Anexo K

9.11.1. Acta de aprobación del Comité de Ética en Investigación



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**Facultad de
Odontología**



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

N°304-09-2025

Los miembros del Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal integrado por la Mg. Carmen Rosa García Rupaya en calidad de Presidenta, Dr. Daniel Augusto Alvitez Temoche en calidad de miembro y Mg. Nimia Peltroche Adrianzen en calidad de miembro, se reunieron virtualmente para evaluar a solicitud del Director de la Unidad de Investigación, Innovación y Emprendimiento, el Proyecto de Investigación:

Título: "COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA EN INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS NITI DE DOS ALEACIONES DIFERENTES EN UN SISTEMA DE LIMAS ROTATORIAS. ESTUDIO IN VITRO"

Investigador: Bachiller ALTAMIRANO ZULUETA ANA LIZETH

Código de inscripción: 304-09-2025

Proyecto de investigación: versión última de fecha 26 de septiembre de 2025

Luego de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el proyecto presentado por el bachiller Ana Altamirano, y de acuerdo al Reglamento del Comité de Ética de la Universidad Nacional Federico Villarreal (Resolución R.N° 6437-2019-UNFV) se concluye en el siguiente calificativo: **Favorable con Aprobación**

La aprobación considera el cumplimiento de los estándares de la Facultad y de la Universidad, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo/beneficio y la capacitación del equipo de investigación. En el caso de participación de seres humanos la confidencialidad de los datos y el ejercicio de la autonomía mediante la aplicación del consentimiento informado.

Los miembros del Comité de Ética suscribimos el presente documento:

Lima, 01 de octubre de 2025

Mg. Carmen Rosa García Rupaya
Presidenta
Comité de Ética en Investigación

Mg. Nimia Peltroche Adrianzen
Miembro
Comité de Ética en Investigación

Dr. Daniel Alvitez Temoche
Miembro
Comité de Ética en Investigación