

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIDAD DE POSGRADO

**LÍMITE ELÁSTICO Y PUNTO MÁXIMO DE ESFUERZO
EN DISTINTOS ARCOS ORTODÓNTICOS
TERMOACTIVADOS**



PRESENTADO POR
PAULO CESAR LUIS ORTEGA GAUDRY

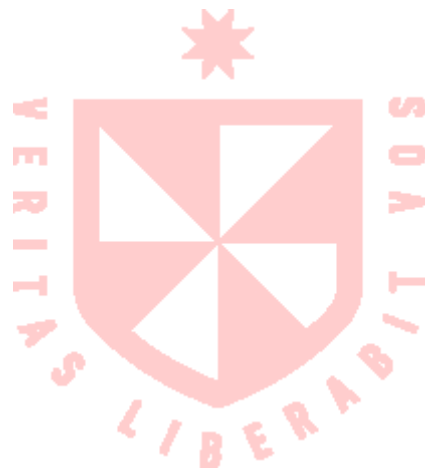
ASESOR
DRA. ESP. ANA CECILIA LAVADO TORRES

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

LIMA, PERÚ

2024



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIDAD DE POSGRADO**

TESIS

**LÍMITE ELÁSTICO Y PUNTO MÁXIMO DE ESFUERZO EN DISTINTOS ARCOS
ORTODÓNTICOS TERMOACTIVADOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD EN
ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR**

PRESENTADA POR:

CD. PAULO CESAR LUIS ORTEGA GAUDRY

ASESORA:

DRA. ESP. ANA CECILIA LAVADO TORRES

LIMA, PERÚ

2024

DEDICATORIA:

A mis padres que sin su apoyo y su amor incondicional en cada etapa de mi vida me enseñaron que el esfuerzo y la perseverancia tienen sus frutos, todos mis logros se los dedico a ellos.

AGRADECIMIENTOS:

Gracias Dios por darme fuerzas para completar mis metas en todo el camino recorrido me encomendé a ti para no rendirme, Agradecido con mis maestros, asesores y grandes amigos en la residencia que durante los años de formación académica estuvieron muchas fuerzas para seguir adelante en este lindo camino llamado especialidad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
1. Diseño Metodológico	04
2. Diseño Muestral	04
3. Técnicas de Recolección de Datos	07
4. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información	08
5. Aspectos Éticos	09
III. RESULTADOS	10
IV. DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES	16
V. RECOMENDACIONES	17
VI. FUENTES DE LA INFORMACIÓN	18
VII. ANEXOS	21

RESUMEN

Objetivo: Evaluar in-vitro el límite elástico y el punto máximo de esfuerzo de tres diferentes marcas de arcos térmicos en ortodoncia.

Materiales y Métodos: Se utilizaron tres tipos de marcas de arcos térmicos ortodónticos: American Orthodontics (Tanzo), Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) y Orthometric (FlexyNiti), el calibre de los alambres fueron redondos de 0.018" con 20 mm de largo que fueron sometidos a una temperatura de 40 ° con una fuerza constante de 1 mm/min con un instrumento de ensayos mecánicos Vernier digital, marca LG CMT-5L Mitutoyo – 200 mm con una aproximación 0.001N/ 0.01 mm. con una profundidad de activación de 2mm y 4mm. Las diferencias entre los tres tipos de arcos fueron evaluadas para poder determinar su significancia estadística ($p < 0.05$).

Resultados: Hallando el límite elástico de las tres diferentes marcas : American Orthodontics (Tanzo) se obtuvo una media de 519,16 Mpa, Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy), de 524,38 Mpa y Orthometric (FlexyNiti), de 672,53 Mpa, como también se halló el punto máximo de esfuerzo de las tres diferentes marcas : American Orthodontics (Tanzo) se obtuvo una media de 564,77 Mpa, Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy), de 554,37 Mpa y Orthometric (FlexyNiti) de 737,45 Mpa, Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose que existe diferencia entre los grupos ($P:0,000$). Mediante el análisis *post hoc* encontramos que existe diferencia entre *Tanzo* y *Flexy*, y entre *Thermaloy* y *Flexy* ($P:0,000$ en ambos casos); no se encontró diferencia entre *Tanzo* y *Thermaloy* ($P:1,000$).

Conclusiones: Referente a la propiedad del límite elástico y punto máximo de esfuerzo de las 3 marcas de arcos ortodónticos de níquel-titanio termoactivados (AO, RMO, y Orthometric), presenta una mejor propiedad elástica y punto máximo de esfuerzo los arcos de la empresa Orthometric comparados con los arcos AO y RMO que presentan similares propiedades elásticas.

Palabras Clave: límite elástico, punto máximo de esfuerzo, arcos térmicos, ortodoncia, in vitro.

ABSTRACT

Objective: To evaluate in-vitro the elastic limit and the maximum stress point of three different brands of thermal archwires in orthodontics.

Materials and Methods: Three types of orthodontic thermal archwire brands American Orthodontics (Tanzo), Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) and Orthometric (FlexyNiti), round 0.018" with 20 mm length were subjected to a temperature of 40 with a constant force. of 1 mm/min with an activation depth of 2mm and 4mm. The differences between the three types of arches were evaluated to determine their statistical significance ($p < 0.05$).

Results: Finding the elastic limit of the three different brands: American Orthodontics (Tanzo) yielded an average of 519.16 MPa, Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) 524.38 MPa, and Orthometric (FlexyNiti) 672.53 MPa. The maximum stress point of the three different brands was also determined: American Orthodontics (Tanzo) achieved an average of 564.77 MPa, Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) reached 554.37 MPa, and Orthometric (FlexyNiti) obtained 737.45 MPa. The Kruskal-Wallis test was conducted, finding that there is a difference between the groups. ($P:0,000$). Through post hoc analysis, we found that there is a difference between Tanzo and Flexy, and between Thermaloy and Flexy ($P:0.000$ in both cases); no difference was found between Tanzo and Thermaloy. ($P:1,000$).

Conclusions: Regarding the property of the elastic limit and maximum stress point of the 3 brands of thermoactivated nickel-titanium orthodontic arches (AO, RMO, and Orthometric), the company's arches have a better elastic property and maximum stress point Orthometric compared to AO and RMO archwires that have similar elastic properties.

Keywords: elastic limit, maximum stress point, thermal arches, orthodontics, in vitro.

NOMBRE DEL TRABAJO

LÍMITE ELÁSTICO Y PUNTO MÁXIMO DE
ESFUERZO EN DISTINTOS ARCOS ORTO
DÓNTICOS TERMOACTIVADOS

AUTOR

PAULO CESAR ORTEGA GAUDRY

RECuento DE PALABRAS

5640 Words

RECuento DE CARACTERES

30279 Characters

RECuento DE PÁGINAS

35 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 27, 2024 10:09 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 27, 2024 10:10 PM GMT-5

● **7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



DRA. ESP. ANA LAVADO TORRES

ORCID 0000-0002-4835-7178

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la filosofía del tratamiento ortodóntico ha ido evolucionando, como también la ciencia en los materiales. Los alambres en ortodoncia son fundamentales para poder generar las fuerzas biológicas que con ayuda de los brackets brindan la información y angulación de las piezas dentales en el tratamiento, por lo que una correcta elección de secuencia de los arcos es fundamental para la optimización del tratamiento.^{1 2}

Las propiedades de los alambres que se utilizan en el tratamiento de ortodoncia son resistencia, facilidad de recuperación elástica y sobre todo biocompatibilidad. En las primeras fases del tratamiento de ortodoncia se necesita lograr movimientos con fuerzas fisiológicas que permitan un movimiento continuo y adecuado. Anteriormente, se indicaba el uso de los alambres clásicos de níquel-titanio (NiTi) por su baja rigidez.³

Existen tres tipos de alambres con composición de NiTi: convencional, superelástico y activado por calor. Las principales propiedades de estos arcos son: la memoria de forma, superelástico, biocompatible y resistente a la ruptura. La fuerza adecuada para la alineación de los dientes es la fuerza de desactivación denominada como fuerza de descarga, por lo que es fundamental que el ortodoncista tenga el total conocimiento de la desactivación de los arcos para elegir de manera óptima el arco ideal que debería tener un movimiento dental fisiológico con fuerzas ligeras y continuas. Lo que genera una fuerza adecuada es que evite el proceso de hialinización ósea, pérdida de tejido periodontal, recesiones gingivales y reabsorciones radiculares.^{4 5}

El cambio de componentes en la estructura de los arcos NiTi convencionales como el cobre proporciona una notable mejora en la carga y la flexibilidad. Estas características hacen que este nuevo arco tenga diferente comportamiento a otras temperaturas ambientales o intraorales cuando es usado en las primeras etapas de alineación y nivelación en un tratamiento de ortodoncia.^{6 7}

Cuando existen cambios de temperatura en el ambiente, los arcos presentan un cambio en la estructura; esto hace que se conviertan en arcos más dúctiles, lo cual

ayuda al confort del paciente. Al ingresar a la temperatura de la boca, modifica la estructura del arco y cambia generando fuerzas constantes y ligeras, llevando a las piezas a la forma del arco ideal, mejorando notablemente el movimiento dentario.⁸

Cuando iniciamos un tratamiento de ortodoncia, es común que el apiñamiento dental se localice en la zona anterior del maxilar o de la mandíbula, lo cual siempre genera un límite elástico por lo cual el arco genera una magnitud de fuerza que es la flexión del arco sin perder su propiedad de regresar a su forma original. Cuando sobrepasa el límite elástico se llega al punto máximo de esfuerzo, lo cual se expresa en una fatiga del arco y, por consecuencia, una pérdida de la estructura en la fuerza producida por el arco.⁹

Los principales requisitos para considerar que un arco de ortodoncia en las primeras fases sea ideal son los siguientes:

- a) Todo arco debe ser flexible, tener la conformación de arco y baja fricción.
- b) Debe contar con una alta resistencia a la deformación permanente y a la vez una buena regeneración elástica dando como consecuencia generar una fuerza ligera.
- c) Tiene que presentar un gran rango de carga/deflexión para poder maximizar la activación y así poder producir una un mejor desempeño durante un tiempo determinado.
- d) Facilidad de poder adaptar accesorios.
- e) A la vez que tengan un costo razonable.^{10 11}

Ante esta problemática, se formuló el siguiente problema: ¿Existirán diferencias en el límite elástico y punto máximo de esfuerzo máximo en distintos arcos termoactivados?. Y logrando tener como objetivo general: Determinar las diferencias en límite elástico y punto máximo de esfuerzo en distintos arcos termoactivados. Teniendo como objetivos específicos: Determinar el límite elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóncico de Níquel - Titanio termoactivados de la marca A. Determinar el límite elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóncico de Níquel- Titanio termoactivados de la marca B. Determinar límite

elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóncico de Níquel- Titanio termoactivados de la marca C. Así mismo contrastar el punto máximo de esfuerzo en los arcos ortodóncicos termoactivados de las tres marcas. Contrastar el límite elástico de los arcos ortodóncicos termoactivados de las tres marcas.

El fin de este estudio es determinar si existen diferencias significativas entre la resistencia del punto de máximo esfuerzo de los arcos ortodóncicos de Níquel-Titanio termoactivados, con la finalidad de conocer los grados de elasticidad en distintas aplicaciones de tensión. De esta manera, ayudaría a un mejor uso de los arcos térmicos a partir de conocer sus propiedades máximas de elasticidad, lo cual mejorará el uso de los arcos, la corrección del apiñamiento y el manejo del dolor que es fundamental en un tratamiento de ortodoncia activo.

De esta forma, el ortodoncista tiene la oportunidad de comparar la información científica propuesta por este estudio, que pueda determinar el mejor funcionamiento de los arcos y así realizar una mejor selección según las características clínicas de cada paciente, por lo cual tendrá un beneficio directamente en el confort del mismo. Los movimientos biológicos producen menos dolor en el tratamiento y la reducción del tiempo debido a la permanencia de una fuerza constante de los arcos térmicos en una fase de alineación y nivelación.

Esta investigación se encuentra respaldada por precursores investigadores del tema, siendo la base fundamental para poder crear nuevos conocimientos, entre los cuales tenemos a: Panagiotis R¹², Choudary D¹³, Thomas M¹⁴, Araújo G⁴, Lin L¹⁵, Silva P¹⁶ y Lombardo⁵.

Se desarrolló la presente investigación, cuya metodología fué experimental, in vitro, de tipo prospectivo, transversal y analítico. Se contó con una muestra de 90 arcos térmicos de 20 mm de longitud, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión. Estos fueron distribuidos en tres grupos: Grupo A: se asignaron la marca American Orthodontics (Tanzo); Grupo B: se asignaron la marca Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) y el grupo C: se asignaron la marca Orthometric (FlexyNiti).

II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Diseño Metodológico

El diseño de la presente investigación se basó en el siguiente diseño:

- Experimental:** Se manipulará los arcos térmicos aplicando una fuerza constante sobre ellos y se comparará las diferentes propiedades mecánicas.
- Analítico:** Se evaluará las diferencias de las variables de las propiedades mecánicas de los arcos térmicos luego de aplicarle una fuerza constante.
- Prospectivo:** Se registrará los datos en el mismo tiempo que se realice el uso de la fuerza constante en los arcos termoactivados.
- Transversal:** Se obtendrá los datos registrados en la fichas de recolección del límite elástico y punto de máximo esfuerzo frente a una fuerza constante, una sola vez durante el procedimiento de la investigación.

2.2 Diseño Muestral

Muestra:

Corresponde arcos níquel titanio termo-activados de 0.018” con una longitud de 20 mm en la zona mas recta del arco, donados por el Centro Odontológico de la Universidad de San Martín de Porres, y que cumplieron con los criterios de inclusión.

Unidad de análisis:

Arco Níquel Titanio termo-activados 0.018”

Tamaño de la muestra:

Los 90 arcos Níquel Titanio se distribuyeron en tres grupos:

- Grupo A, Donde se emplearon 30 arcos de la marca American Orthodontics (Tanzo).
- Grupo B, Donde se emplearon 30 arcos de la marca Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy).
- Grupo C, Donde se emplearon 30 arcos de la marca Orthometric (FlexyNiti).

Muestreo:

El tipo de muestreo fué no probabilístico, ya que se dividió por conveniencia en tres grupos por marcas : American Orthodontics (Tanzo), Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) y Orthometric (FlexyNiti).

Criterios de Inclusión

- Arcos redondos 0.018”
- Arcos con ninguna deformación previa
- Arcos vigentes según su fabricación
- Arcos correcto estado de almacenamiento

Criterios de Exclusión

- Arcos que no logren demostrar propiedad termo-activada a la temperatura de 37°C
- Arcos con alteraciones de fábrica
- Arcos con deficiencia en el empaquetado
- Arcos que no presentan superficie lisa

2.3 Técnicas de Recolección de Datos

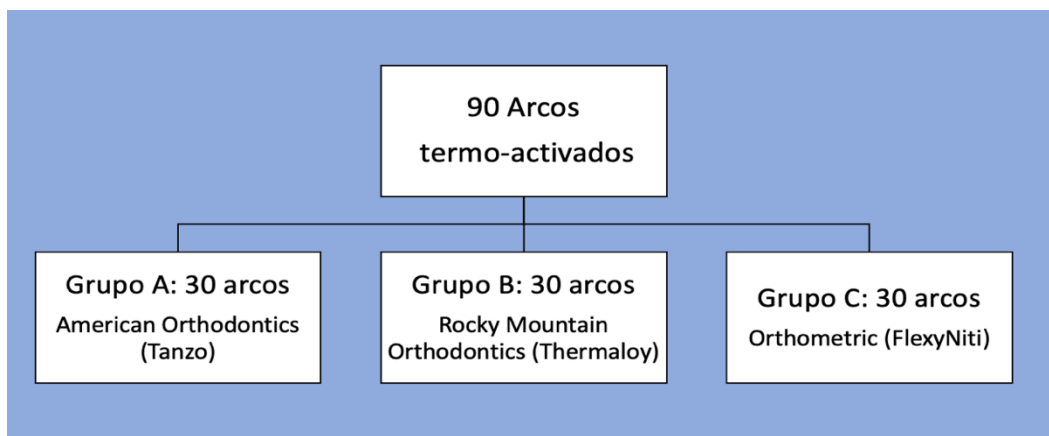
Descripción del procedimiento:

Mediante la observación estructurada, fue la técnica empleada para la medición de datos. Además, se desarrolló una hoja de recolección de datos como instrumento (ANEXO N° 02), que fue diseñada específicamente por motivos de recolección para esta investigación. Se tomaron todos los protocolos para la recolección de datos que fueron de la siguiente manera:

Manejo de instrumentos: El investigador se capacitó realizando pruebas de propiedades térmicas en arcos Ni-Ti Cu para comprender el comportamiento de dichos arcos con los cambios térmicos durante el proceso estructural. La manipulación de la máquina universal para determinar la resistencia del alambre sobre la carga/flexión se realizó por un ingeniero mecánico con años de experiencia; sin embargo, el investigador verificó que se haya cumplido con los parámetros necesarios.

Preparación de la muestra: Para obtener la muestra de 90 segmentos de arcos: estos fueron separados por marca, se segmentó la zona más recta de los arcos, específicamente en la zona posterior, para después medir 20 milímetros de longitud y hacer la calibración del diámetro teniendo en cuenta que eran alambres redondos de 0.018", los 3 tipos de arcos no tenían el mismo diámetro; luego de separarlos en cada grupo se colocaron en una base que ingresaría al medidor universal.

Los 90 segmentos de arcos rectos de 0.018" fueron distribuidos en 3 grupos de la siguiente forma:



3. Técnicas de recolección de datos

Descripción del procedimiento:

El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

- Se procedió a medir todos los arcos para determinar cuanto diámetro tiene cada uno y, si eran todos similares, se procedió a realizar la medida de 20 mm de largo por cada arco de la zona más recta de los arcos para poder tener mejor estabilidad ²¹ ²². La distancia de profundidad de activación fue representada por el punto máximo de esfuerzo de los arcos, por lo que se determinó que sean 2 mm de profundidad con fuerza constante para todas las marcas de los arcos.
 - Grupo 1 American Orthodontics (Tanzo)
 - Grupo 2 Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy)
 - Grupo 3 Orthometric (FlexyNiti)

- Se pre-activaron todos los arcos en un horno con una temperatura constante de 40°C para así tener control en la máxima flexión del arco, todas las marcas pasaron por el mismo proceso.
- Se acondicionó una base metálica con una profundidad de 10 mm donde ingresará el instrumento de ensayos mecánicos Vernier digital, marca LG CMT- 5L Mitutoyo – 200 mm con una aproximación 0.001N/ 0.01 mm.
- La longitud de desplazamiento fue en la parte inicial de la máquina, en la zona superior. La velocidad de desplazamiento del brazo activo es de 1 mm/min de acuerdo a la estandarización de ISO que contempla las velocidades de 0.75 ± 0.30 mm/min.
- Posteriormente se determinó la profundidad de 2mm para el límite elástico y 4mm para punto máximo de esfuerzo.
- Los datos que se obtuvieron fueron registrados en la ficha de recolección de datos (Anexo 2, 3 y 4).

4. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Empleando la hoja de recolección de información, fueron transferidas a la hoja de cálculo de Excel para que posteriormente ingrese al análisis estadístico donde se empleó el programa SPSS 22.0 (SPSS Inc, IMB).

Se desarrollaron para los datos descriptivos cuadros y gráficos, donde se colocaron las medidas y datos de tendencia central como también de dispersión.

Para la estadística inferencial se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para poder identificar la normalidad de los datos, dándonos como resultado que presentan distribución normal ($P > 0,05$); luego se realizó la prueba de normalidad de varianzas de Levene, encontrándose que sus varianzas no son homogéneas ($P < 0,05$). Luego para el análisis inferencial seleccionamos la prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose que existe diferencia entre los grupos ($P: 0,000$).

Luego, se realizó el análisis *post hoc*. Encontramos que existe diferencia entre *Tanzo* y *Flexy*, y entre *Thermaloy* y *Flexy* ($P: 0,000$ en ambos casos); no se encontró diferencia entre *Tanzo* y *Thermaloy* ($P: 1,000$). Se concluye que *Flexy* presentó mayor límite elástico que *Tanzo* y *Thermaloy*, mientras que estas dos últimas no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

5. Aspectos éticos

La presente investigación fue aprobada y revisada por el Comité de Ética en investigación con el Oficio No. 021-2021-POSG-FO-USMP, logrando corroborar que no existan ningún tipo de conflictos de interés a desarrollar.

Esta investigación aporta a los conocimientos de los profesionales en la especialidad de ortodoncia, porque presenta datos en las características de la flexión y la eficiencia de los arcos térmicos de diferentes marcas que sirven para poder determinar y escoger el arco de mejores características para el tratamiento de ortodoncia fija en las fases iniciales de alineación y nivelación.

III. RESULTADOS

TABLA N ° 01.- Análisis del límite elástico de los arcos termo-activados.

	Media	DE	V. min.	V. max.
Tanzo	519,16	23,93	469,87	554,99
Thermaloy	524,38	11,42	504,80	544,86
Flexy	672,53	33,76	590,18	741,78

Elaboración propia

Esta tabla se muestra que posteriormente de probar el comportamiento elástico de los arcos hasta llegar al límite elástico de los arcos termo-activados, para los arcos American Orthodontics (Tanzo) se obtuvo una media de 519,16 Mpa , para los arcos Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy), se obtuvo una media de 524,38 Mpa y para los arcos Orthometric (FlexyNiti), se obtuvo una media de 672,53 Mpa.

TABLA N ° 2.- Análisis del punto máximo de esfuerzo de los arcos termo-activados.

	Media	DE	V. min.	V. max.
Tanzo	564,77	25,69	506,11	632,63
Thermaloy	554,37	21,35	532,24	658,44
Flexy	737,45	27,99	698,46	806,75

Elaboración propia

Esta tabla se muestra que posteriormente de probar el comportamiento de esfuerzo los arcos hasta llegar al máximo esfuerzo de los arcos termo-activados, para los arcos American Orthodontics (Tanzo) se obtuvo una media de 564,77 Mpa , para los arcos Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy), se obtuvo una media de 554,37 Mpa y para los arcos Orthometric (FlexyNiti), se obtuvo una media de 737,45 Mpa.

TABLA N° 3.- Comparación del límite elástico entre las tres tipos de arcos termo-activado.

	Prueba de normalidad: Shapiro Wilk		Prueba homogeneidad de varianzas: Levene		Prueba de hipótesis: Kruskal-Wallis		Análisis post hoc		
	Estad.	P	Estad.	P	Estad.	P		Estad.	P
Tanzo	0,933	0,061	8,189	0,001	59,403	0,000	Tanzo- Thermaloy	-1,567	1,000
Thermaloy	0,956	0,249					Tanzo-Flexy	-45,783	0,000
Flexy	0,977	0,752					Thermaloy -Flexy	-44,217	0,000

Elaboración propia

Se realizó la prueba de normalidad para el límite elástico de cada grupo de muestras, observándose que los tres grupos presentan distribución normal ($P > 0,05$); seguidamente se presenta la prueba de homogeneidad de varianzas, encontrándose que sus varianzas no son homogéneas ($P < 0,05$).

Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose que existe diferencia entre los grupos ($P: 0,000$). Mediante el análisis *post hoc* encontramos que existe diferencia entre *Tanzo* y *Flexy*, y entre *Thermaloy* y *Flexy* ($P: 0,000$ en ambos casos); no se encontró diferencia entre *Tanzo* y *Thermaloy* ($P: 1,000$). Se concluye que *Flexy* presentó mayor límite elástico que *Tanzo* y *Thermaloy*, mientras que estas dos últimas no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

TABLA N° 4.- Comparación del punto maximo de esfuerzo entre las tres tipos de arcos termo-activado.

	Prueba de normalidad: Shapiro Wilk		Prueba homogeneidad de varianzas: Levene		Prueba de hipótesis: Kruskal-Wallis		Análisis post hoc		
	Estad.	P	Estad.	P	Estad.	P		Estad.	P
Tanzo	0,928	0,044	3,906	0,024	62,923	0,000	Thermaloy -Tanzo	12,467	0,193
Thermaloy	0,542	0,000					Thermaloy- Flexy	-51,233	0,000
Flexy	0,917	0,023					Tanzo-Flexy	-38,767	0,000

Elaboración propia

Se realizó la prueba de normalidad para el punto máximo de esfuerzo en cada grupo de muestras, observándose que ninguno de los tres grupos presentan distribución normal ($P < 0,05$); seguidamente se presenta la prueba de homogeneidad de varianzas, encontrándose que sus varianzas no son homogéneas ($P: 0,024$).

Luego para el análisis inferencial seleccionamos la prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose que existe diferencia entre los grupos ($P: 0,000$). Mediante el análisis *post hoc* encontramos que existe diferencia entre *Tanzo* y *Flexy*, y entre *Thermaloy* y *Flexy* ($P: 0,000$ en ambos casos); no se encontró diferencia entre *Thermaloy* y *Tanzo* ($P: 0,193$). Se concluye que *Flexy* presentó un mayor punto máximo de esfuerzo que *Tanzo* y *Thermaloy*, mientras que estas dos últimas no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

IV. DISCUSIÓN

Para este trabajo de investigación, se optó por trabajar con las 3 marcas de arcos termoactivados con mayor presencia en el mercado y de mayor frecuencia de uso por especialistas de ortodoncia en el posgrado como también en la práctica privada. Se usaron 90 arcos térmicos con un calibre de 0.018", y que cumplieron con los criterios de inclusión.

Este trabajo optó por emplear estas marcas de arcos ortodónticos más empleadas como American Orthodontics (Tanzo), los arcos de mayor uso por el tiempo en el mercado que tienen aquí en Perú, como también los arcos Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy), que de la misma manera tiene el tiempo parecido establecido como opción y el último arco son Orthometric (FlexyNiti), que son los que tienen menos tiempo en el mercado, pero por su bajo costo han ganado mayor tasa de uso.

El apiñamiento dental moderado necesita un movimiento fisiológico para que las piezas dentarias tengan el tiempo adecuado para que el hueso alveolar y el tejido periodontal tenga un buen pronóstico de movimiento dental; lo que realmente necesita es que un arco ortodóntico tenga un rango de acción beneficioso y sobre todo exprese una fuerza fisiológica para que el movimiento sea adecuado. Por lo tanto, se necesita un arco que funcione con una fuerza intermitente y que no se encuentre activo permanentemente, que tenga una adecuada flexibilidad y sobre todo que no se deforme para que las propiedades del arco sean eficientes.

Las principales causas de la deformación son: una giroversión severa, aplicar una fuerza exagerada, arcos niti convencionales, mala composición estructural de los arcos.

El presente estudio, *in vitro*, logró reproducir, a través del ensayo, la fuerza aplicada a un arco ortodóntico para determinar su máxima propiedad elástica y su punto de esfuerzo máximo, hallando una media entre arcos Tanzo y Thermaloy la cual no presenta diferencia estadísticamente significativa con medidas 519,16 Mpa y 524,38 Mpa respectivamente. El que si presentó mayor coeficiente de límite elástico fue el grupo de FlexyNiti con 672,53 Mpa, teniendo un mejor comportamiento elástico.

Nuestros resultados se asocian al estudio de Lin *et al*¹⁵, que encontró arcos térmicos que presentaban una fuerza de desactivación más pequeños con rangos de 0.773N (78.8gr) a 2.475N (252.4gr) con la distancia de deflexión de 1.0 y 0.5 mm. Por lo tanto, se obtienen datos parecidos a nuestro estudio en su promedio de los límites elásticos de los arcos como también su punto máximo de esfuerzo.

Por otro lado, Santoro *et al*¹⁶ encontró que el rendimiento óptimo de los alambres austeníticos térmicos de NiTi se obtendrá en casos de apiñamiento dental moderado, cuando una deflexión del arco sea buena y tenga 2 mm de profundidad en la zona de acción, que contrasta con el resultado de nuestro estudio, que ayudaría mucho a la optimización del manejo del movimiento dental y control del dolor de los pacientes.

Nuestros resultados representaron el mismo protocolo de activación de Gatto *et al*¹⁷, que realiza una prueba de flexión de tres puntos para evaluar las características de carga-deflexión. Los arcos fueron sometidos a flexión a una temperatura constante de 37°C y deflexiones de 2 y 4 mm. Nos brinda resultados similares en comparación de 3 tipos de marcas con mejor manejo de la flexibilidad en temperaturas de 37°C.

También el estudio de Holtmann *et al*¹⁸, demuestra que nuestra investigación, al usar los brackets convencionales con ligadura de acero como los brackets de autoligado, nos ayuda a determinar que la mecánica de los brackets no afecta en el deslizamiento de los arcos cuando están aplicando una fuerza, no interviene el resultado de expresar la elasticidad de los arcos. Por lo que nos determina que la mecánica de ligado no es factor de cambio para el uso de los arcos, ya que los arcos se comportan de la misma manera en los dos diferentes sistemas.

Otro estudio de Sarul *et al*²⁰ realizó una diferencia metodológica para el estudio, ya que hizo un estudio *in vivo* e *in vitro* con diferentes arcos térmicos de 35°C con 3 diferentes marcas para ver la calidad de carga/deflexión, límite elástico y punto máximo de esfuerzo, los resultados fueron que aumentaron significativamente para Titanol Superelastic® en comparación con los nuevos alambres NeoCentalloy® y Copper NiTi® 35°C no cambiaron sus valores, lo cual también logra concluir que no existe diferencia significativa en el uso de los arcos en método de laboratorio como la medición directa en arcos en pacientes sometidos a ortodoncia fija por lo que nos ayuda a contrastar que nuestro estudio que fue realizado de forma *in vitro* podemos sustentar que los valores hallados en el estudio se puede aplicar por conveniencia para determinar y ayudar a que se puede elegir un arco que cumpla las propiedades que se necesite para cada caso y que también sea reflejado en el costo-beneficio.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que los arcos FlexyNiti (Orthometric) presentaron una mejor eficiencia en un sistema de fuerzas en carga/deflexión frente a los arcos Tanzo (American Orthodontics) y Thermaloy (Rocky Mountain Orthodontics) que presentaron similares propiedades.
2. Referente a la propiedad del límite elástico de las 3 marcas de arcos ortodóncicos de níquel-titanio termoactivados (AO, RMO, y Orthometric), presentan una mejor propiedad elástica los arcos de la empresa Orthometric comparado con los arcos AO y RMO que presentan similares propiedades elásticas.
3. El punto máximo de esfuerzo de la marca Orthometric presentó un mayor coeficiente elástico comparados con los arcos AO y RMO que no presentan diferencia entre ellos.
4. Los arcos de la empresa Orthometric son los únicos que cumplen la medida del calibre especificado en el empaque.
5. La marca de arcos Orthometric tiene un mejor costo-beneficio en comparación a las marcas existentes en el mercado.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para estudios futuros de deflexión de la fuerza en arcos térmicos que comparen distintos tipos de ligado (Elastómeros, Ligadura metálica, autoligado).
- Se recomienda hacer estudios que analicen *in vitro* el grado de decrecimiento de deflexión en arcos térmicos de diferentes marcas usados en pacientes.
- El manejo de la primera fase del tratamiento de ortodoncia es fundamental para la optimización de tiempos, por lo que se podría recomendar el uso de arcos térmicos para distribuir mejor la fuerza y aliviar mejor el apiñamiento.
- También es importante recomendar que el uso de los arcos térmicos en pacientes periodontales o con umbral de dolor bajo son los adecuados por su alto rango de deflexión y manejo intermitente de fuerzas, que genera un movimiento dental biológico.
- La buena elección de los arcos en la fase de alineación y nivelación puede ayudar al mejor manejo del apiñamiento con lo que tendría mejores resultados en menor tiempo.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Brian KR, Robert PK. Elastic flexural properties of multistranded stainless steel versus conventional nickel titanium archwires. *The Angle Orthodontist*. 2002;72(4):302-09.
2. Georgy JO, Vaishali VA, Parag GA. A Comparative Analysis of Force Deflection Property of Nickel-Titanium Wires of Four Manufacturers using Five Point Bending Test: An In-vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2021 Aug, Vol-15(8): ZC43-ZC49.
3. Gurgel J, Pinzan-Vercelino C, Powers J. Mechanical properties of beta-titanium wires. *Angle Orthod*. 2011; 81: 478–483.
4. Gurgel JA, Kerr S, Powers JM, Le Cron V. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(4):378-82.
5. Lombardo L, Toni G, Mazzanti V, Mollica F, Spedicato GA, Siciliani G. The mechanical behavior of as received and retrieved nickel titanium orthodontic archwires. *Progress in Orthodontics*. 2019;20(1):01-08.
6. Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium wires. *Angle Orthod* 2007; 77: 991–998.
7. Liaw Y-C, Su Y-YM, Lai Y-L, et al. Stiffness and frictional resistance of a superelastic nickel-titanium orthodontic wire with low-stress hysteresis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: 578.e12–8.
8. Pandis N, Eliades T, Partowi S, et al. Moments generated during simulated rotational correction with self-ligating and conventional brackets. *Angle Orthod* 2008; 78: 1030–1034.
9. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:48-55.

10. Shenai A, Kumar M. Load Deflection Ratios of Various Initial Ni-Ti Wires. *IJPA*. 2018; 10(1): 1-12.
11. Ren C, Bai Y, Wang H, Zheng Y, Li S. Phase transformation analysis of varied nickel-titanium orthodontic wires. *Chin Med J*. 2008; 121(20): 2060-2064.
12. Panagiotis R, Mylonopoulou L, Bourauel C, Theodore E. Thermo-mechanical properties in bending of a multizone nickel-titanium archwire: A retrieval analysis. *Korean J Orthod* 2023;53(2):89-98.
13. Choudary D, Jnaneshwar P, Kannan R. Evaluation and Comparison of Load Deflection Rate of Four Arch Wires Used in The Alignment Phase of Fixed Orthodontic Treatment: An In-Vitro Study. *Int J Orthod Rehabil* 2022; 13(3): 01-09.
14. Thomas M, Babu H. Load deflection characteristics of copper nickel titanium orthodontic Archwires. *International Journal of Health Sciences* 2022; 6 (6), 4008–4016.
15. Li L, Frañs C, Kadioglu O, Florez F, Thompson D, Khajotia S. Flexural properties of rectangular nickel-titanium orthodontic wires when used as ribbon archwires *Angle Orthod*. 2019; 89(1): 54-63.
16. Silva V, Cançado H, Freita M, Valarelli P, Gobbi R, Gobbi C. Effect of Clinical Use and Sterilization Process on the Transition Temperature Range of Thermally NiTi Alloys. *TODENTJ*. 2019; 13: 261-266.
17. Santoro M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Pseudoelasticity and thermoelasticity of nickel- titanium alloys: a clinically oriented review. Part II: deactivation forces. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001; 119: 594.
18. Gatto E, Matarese G, Di Bella G, Nucera R, Borsellino C, Cordasco G. Load-deflection characteristics of superelastic and thermal nickel-titanium wires. *Eur J Orthod*. 2013; 35: 115-123.

19. Holtmann S, Konermann A, Keilig L, Reimann S, Jager A, Montasser M, et al. Different bracket-archwire combinations for simulated correction of two-dimensional tooth malalignment: leveling outcomes and initial force systems. *J Orofac Orthop.* 2014; 74(1): 459-70.
20. Sarul M, Kawala B, Kawala M, Antoszezewska-Smith J. Do the NiTi low and constant force levels remain stable in vivo?. *Eur J Orthod.* 2015; 37: 656-64.
21. Silva M, Pinzan-Vercelino R, Araújo J. The influence of distal-end heat treatment on deflection of nickel-titanium archwires. *Dental Press J Orthod.* 2016; 21(1): 83-88.
22. Gurgel J, Pinzan-Vercelino C, Powers J. Mechanical properties of beta-titanium wires. *Angle Orthod.* 2011; 81: 478–483.

ANEXO N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: LÍMITE ELÁSTICO Y PUNTO DE RUPTURA EN DISTINTOS ARCOS ORTODÓNTICOS TERMOACTIVADOS				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿ Existirán diferencias en el límite elástico y máximo de esfuerzo en distintos arcos termoactivados ?.</p>	<p>General:</p> <p>Determinar las diferencias en límite elástico y punto de máximo esfuerzo en distintos arcos termoactivados.</p>	<p>General:</p> <p>Existen diferencias en los puntos de esfuerzo máximo y límite elástico de 3 marcas de arcos ortodónticos de níquel-titanio termoactivados (AO, RMO, y Orthometric).</p>	<p>Arcos NiTi termoactivados</p> <p>Luego de la aparición de los arcos Niti en la ortodoncia se optó por generar diferentes deflexiones de los arcos, lo que al agregarle diferentes elementos genera una mejor deflexión de estos arcos, el cobre es un elemento fundamental para proporcionar mejores beneficios clínicos. Este elemento cumple una función importante al reducir la tensión de carga y producir una mayor eficiencia en el movimiento dental en ortodoncia.^{10 11}</p> <p>Los arcos NiTi activados por el calor con memoria de cuerpo presentan un beneficio clínico muy sencillo por su baja rigidez, su facilidad en retornar a la forma original del arco como también recuperar la máxima elasticidad y superelasticidad.</p> <p>Límite Elásticos de los arcos termoactivados NiTi en ortodoncia.</p> <p>Carga/Deflexión</p> <p>Esta propiedad determina que relación tiene la fuerza de forma</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Analítico</p> <p>Prospectivo</p> <p>Transversal.</p> <p>Diseño Muestral</p> <p>Características de la población:</p> <p>Arcos de ortodoncia térmicos</p> <p>Tamaño de la muestra: 30 arcos térmicos por grupo</p> <p>Muestreo:</p> <p>Probabilístico</p> <p>Técnica de Recolección de Datos</p> <p>Observación</p> <p>Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Instrumento de ensayos mecánicos Vernier digital, marca LG CMT- 5L Mitutoyo – 200 mm. Variables</p>
	<p>Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el límite elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóntico de Níquel-Titanio termoactivados de la marca A. 2. Determinar el límite elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóntico de Níquel-Titanio termoactivados de la marca B. 3. Determinar el límite elástico y punto máximo de esfuerzo del arco ortodóntico de Níquel-Titanio termoactivados de la marca C. 	<p>Específicas:</p> <p>H₀: No existen diferencia en el punto de esfuerzo máximo de las tres marcas de arcos ortodónticos de Níquel- Titanio termoactivados.</p> <p>H₄: Existen diferencia en el punto de esfuerzo máximo de las tres marcas de arcos ortodónticos de Níquel- Titanio termoactivados.</p> <p>H₀: No existen diferencia en el límite elástico de las tres marcas de arcos ortodónticos de Níquel- Titanio termoactivados.</p> <p>H₅: Existen diferencia en el límite elástico de las tres marcas de arcos ortodónticos de Níquel- Titanio termoactivados.</p>		

<p>4. Contrastar el punto máximo de esfuerzo los arco ortodóntico termoactivados de las tres marcas.</p> <p>5. Contrastar el límite elástico de los arcos ortodónticos termoactivados de las tres marcas.</p>		<p>lineal sobre un arco, cuando la fuerza es de mayor magnitud aumenta la deformación, esta desviación de fuerza tiene una relación proporcionalmente estable, esto se denomina ley de Hooke.</p>	<p>Técnica de procesamiento y análisis de datos: El análisis estadístico a usar será realizado con el programa SPSS 22.0.</p> <p>Prueba estadística:</p> <p>Se realizo Shapiro-Wilk para poder identificar la normalidad. La prueba de normalidad de varianzas de Levene encontrándose que sus varianzas no son homogéneas ($P < 0,05$). Luego para el análisis inferencial seleccionamos la prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose que existe diferencia entre los grupos ($P: 0,000$).</p>
---	--	---	--

ANEXO N°02: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ARCO ORTODÓNCICO DE NÍQUEL- TITANIO TERMOACTIVADOS DE LA MARCA A : AMERICAN ORTHODONTICS (TANZO)

N	Límite Elástico	Punto máximo de esfuerzo
1	Mpa	Mpa
2	Mpa	Mpa
3	Mpa	Mpa
4	Mpa	Mpa
5	Mpa	Mpa
6	Mpa	Mpa
7	Mpa	Mpa
8	Mpa	Mpa
9	Mpa	Mpa
10	Mpa	Mpa
11	Mpa	Mpa
12	Mpa	Mpa
13	Mpa	Mpa
14	Mpa	Mpa
15	Mpa	Mpa
16	Mpa	Mpa
17	Mpa	Mpa
18	Mpa	Mpa
19	Mpa	Mpa
20	Mpa	Mpa
21	Mpa	Mpa
22	Mpa	Mpa
23	Mpa	Mpa
24	Mpa	Mpa
25	Mpa	Mpa
26	Mpa	Mpa
27	Mpa	Mpa
28	Mpa	Mpa
29	Mpa	Mpa
30	Mpa	Mpa

ANEXO N°03: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ARCO ORTODÓNCICO DE NÍQUEL- TITANIO TERMOACTIVADOS DE LA MARCA B: ROCKY MOUNTAIN ORTHODONTICS (THERMALLOY)

N	Límite Elástico	Punto máximo de esfuerzo
1	Mpa	Mpa
2	Mpa	Mpa
3	Mpa	Mpa
4	Mpa	Mpa
5	Mpa	Mpa
6	Mpa	Mpa
7	Mpa	Mpa
8	Mpa	Mpa
9	Mpa	Mpa
10	Mpa	Mpa
11	Mpa	Mpa
12	Mpa	Mpa
13	Mpa	Mpa
14	Mpa	Mpa
15	Mpa	Mpa
16	Mpa	Mpa
17	Mpa	Mpa
18	Mpa	Mpa
19	Mpa	Mpa
20	Mpa	Mpa
21	Mpa	Mpa
22	Mpa	Mpa
23	Mpa	Mpa
24	Mpa	Mpa
25	Mpa	Mpa
26	Mpa	Mpa
27	Mpa	Mpa
28	Mpa	Mpa
29	Mpa	Mpa
30	Mpa	Mpa

ANEXO N°04: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ARCO ORTODÓNCICO DE NÍQUEL- TITANIO TERMOACTIVADOS DE LA MARCA C: ORTHOMETRIC (FLEXYNITI)

N	Límite Elástico	Punto máximo de esfuerzo
1	Mpa	Mpa
2	Mpa	Mpa
3	Mpa	Mpa
4	Mpa	Mpa
5	Mpa	Mpa
6	Mpa	Mpa
7	Mpa	Mpa
8	Mpa	Mpa
9	Mpa	Mpa
10	Mpa	Mpa
11	Mpa	Mpa
12	Mpa	Mpa
13	Mpa	Mpa
14	Mpa	Mpa
15	Mpa	Mpa
16	Mpa	Mpa
17	Mpa	Mpa
18	Mpa	Mpa
19	Mpa	Mpa
20	Mpa	Mpa
21	Mpa	Mpa
22	Mpa	Mpa
23	Mpa	Mpa
24	Mpa	Mpa
25	Mpa	Mpa
26	Mpa	Mpa
27	Mpa	Mpa
28	Mpa	Mpa
29	Mpa	Mpa
30	Mpa	Mpa

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	CATEGORÍA O VALOR	TIPO	ESCALA
Variable Independiente Arcos ortodónticos termoactivos (CuNiTi)	Magnitud de la fuerza	Marca Comerciales	- Amercian Orthodontics (Tanzo Cu-NiTi) - Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy) - Orthometric (FlexyNiti)	CUALITATIVA	NOMINAL
Variable Dependiente Límite Elástico		Deformación Máxima: Carga máxima de deformación de un alambre que no produciría la ruptura de este tan solo la deformación.	Megapascal(Mpa)	CUANTITATIVA	RAZÓN
Variable Dependiente Punto de esfuerzo máximo		Punto de esfuerzo máximo: Medida del segmento que se aplicará una fuerza que sobrepase de la fase plástica e inicie el máximo esfuerzo.	Megapascal(Mpa)	CUANTITATIVA	RAZÓN

ANEXO N°05: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO N°06: MATERIALES E INSTRUMENTOS DEL ESTUDIO

- Arcos Térmico Níquel Titanio:
- 30 American Orthodontics (Tanzo).
 - 30 Rocky Mountain Orthodontics (Thermaloy).
 - 30 arcos Orthometric (FlexyNiti).



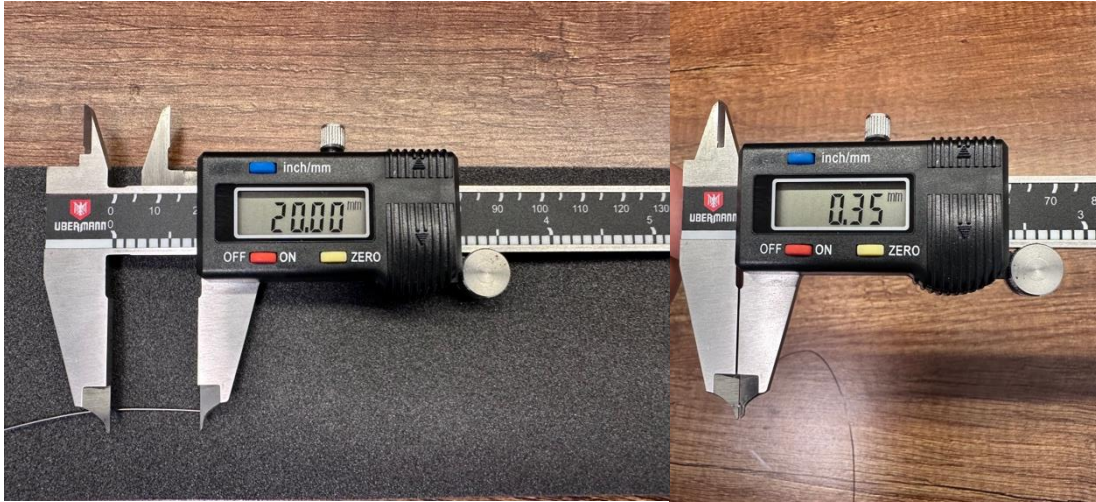
Vernier digital, pie de rey de
0,00 - 300,00mm:

:

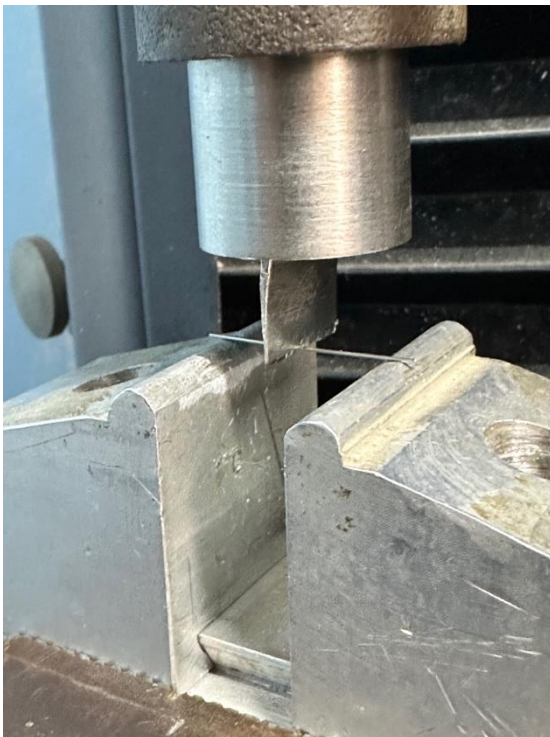


ANEXO N°07: MATERIALES E INSTRUMENTOS DEL ESTUDIO

Medición de longitud y diámetro de los arcos

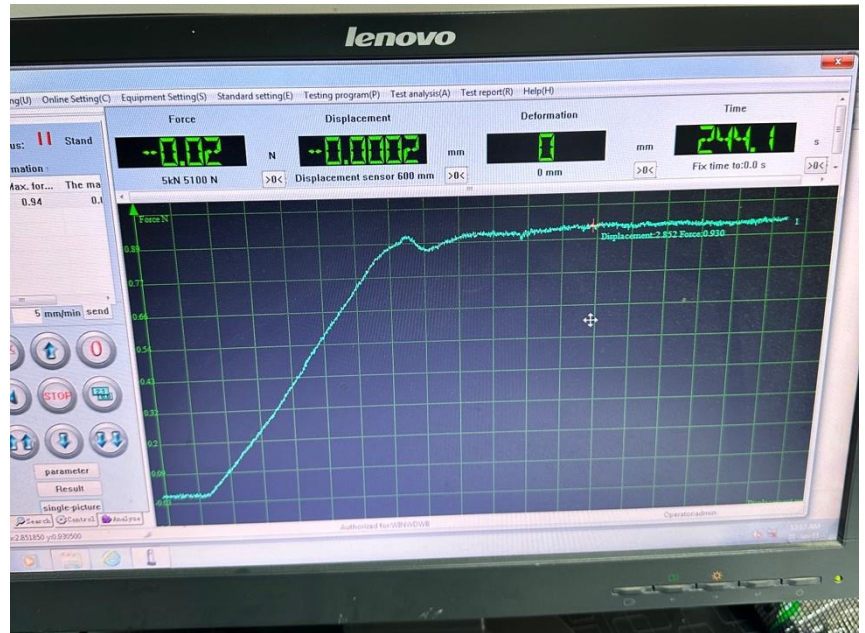


Instrumento de ensayos mecánicos Vernier digital, marca LG CMT- 5L Mitutoyo – 200 mm



ANEXO N°08: MATERIALES E INSTRUMENTOS DEL ESTUDIO

Software de calibración, recolección y medición de fuerzas.



Horno precalentado y con temperatura constante de 40 °C

