



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MÓDULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Chileno Cuya, Eliana Isley

Asesor

Scipión Castro, Rafael Douglas

ORCID: 0000-0002-9629-5506

Jurado

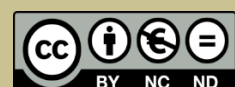
Quiñones Lozano, José Duarte

Aliaga Mariñas, Ana Sixtina

Martínez Campos, Reynaldo

Lima - Perú

2026



EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MÓDULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unfv.edu.pe:8080

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to usmp

Trabajo del estudiante

<1%

9

Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1%

10

www.ncbi.nlm.nih.gov

Fuente de Internet

<1%

11

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

12

1library.co

Fuente de Internet

<1%

13

Submitted to Universidad Pública de Navarra

Trabajo del estudiante

<1%



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MÓDULOS
ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO.

IN VITRO

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Chileno Cuya, Eliana Isley

Asesor

Scipión Castro, Rafael Douglas

ORCID: 0000-0002-9629-5506

Jurado

Quiñones Lozano, José Duarte

Aliaga Mariñas, Ana Sixtina

Martínez Campos, Reynaldo

Lima- Perú

2026

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme sabiduría para alcanzar este logro.

A mis padres, Eduardo y Ana, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante en cada etapa de mi vida.

A mi hermano, Stefano, por su aliento, consejos, paciencia y comprensión.

A los ángeles que tengo en el cielo, que me iluminan y siempre creyeron en mi capacidad para lograr metas.

A todas esas personas especiales que contribuyeron en este proceso, por ser la inspiración y el motor de este sueño.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional.

A mi alma máter y a mis docentes, por brindarme los conocimientos y la formación necesaria para llegar hasta aquí.

A mi asesor, el Dr. Scipión, por su tiempo y guía.

A todas las personas que, con su aliento y motivación, hicieron posible este logro, mi gratitud es infinita.

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	3
1.2.2. Antecedentes nacionales	6
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo general.....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Justificación	10
1.4.1. Justificación teórica.....	10
1.4.2. Justificación práctica.....	10
1.4.3. Justificación social.....	11
1.5. Hipótesis	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	12
2.1.1. Conceptos fundamentales en ortodoncia	12
2.1.2. Elásticos ortodónticos.....	14
2.1.3. Módulos elastoméricos	16
III. MÉTODO	28
3.1. Tipo de investigación.....	28
3.2. Ámbito temporal y espacial	28
3.3. Variables	28

3.3.1. <i>Variable independiente</i>	28
3.3.2. <i>Variable dependiente</i>	28
3.3.3. <i>Operacionalización de variables</i>	29
3.4. Población y muestra	30
3.4.1. <i>Población</i>	31
3.4.2. <i>Muestra</i>	31
3.4.3. <i>Criterios de selección</i>	31
3.5. Instrumentos	31
3.6. Procedimientos	32
3.7. Análisis de datos	34
3.8. Consideraciones éticas	35
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	46
VIII. REFERENCIAS	47
IX. ANEXOS	53
9.1. Anexo A	53
9.1.1. <i>Matriz de consistencia</i>	53
9.2. Anexo B	55
9.2.1. <i>Ficha de recolección de datos</i>	55
9.3. Anexo C	56
9.3.1. <i>Norma ISO 21606:2022</i>	56
9.4. Anexo D	61
9.4.1. <i>Carta de presentación dirigida al jefe del laboratorio HTL</i>	61

9.5. Anexo E	62
9.5.1. <i>Constancia de ejecución de estudio</i>	62
9.6. Anexo F	63
9.6.1. <i>Imágenes de la ejecución del estudio</i>	63
9.7. Anexo G	70
9.7.1. <i>Resultados</i>	70
9.8. Anexo H.....	73
9.8.1. <i>Fichas de calibración</i>	73
9.9. Anexo I.....	76
9.9.1. <i>Verificación de la muestra</i>	76
9.10. Anexo J	77
9.10.1. <i>Ficha técnica de los módulos elastoméricos RMO®</i>	77
9.11. Anexo K.....	78
9.11.1. <i>Ficha técnica de los módulos elastoméricos AO®</i>	78
9.12. Anexo L	79
9.12.1. <i>Ficha técnica de los módulos elastoméricos Morelli®</i>	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Degradación de fuerza de los módulos elastoméricos antes y después del envejecimiento artificial (1000 ciclos)	37
Tabla 2. Comparación de la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de tres marcas antes y después del envejecimiento artificial	38
Tabla 3. Fuerza promedio inicial, fuerza final y pérdida porcentual por marca de módulos elastoméricos	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Degradación de fuerza de los módulos elastoméricos antes y después del envejecimiento artificial (1000 ciclos)	38
Figura 2. Comparación de la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de tres marcas antes y después del envejecimiento artificial	40

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la degradación de fuerza en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro. **Método:** Se realizó un estudio experimental, comparativo, prospectivo y longitudinal in vitro, con una muestra de 45 módulos elastoméricos distribuidos en tres grupos de 15 unidades: Rocky Mountain Orthodontics®, American Orthodontics® y Morelli®. La toma de medida de las fuerzas fue realizada con una máquina de ensayo universal LG®, antes y después de 1000 ciclos de termociclado, equivalente a un mes de exposición intraoral. Los datos se procesaron mediante estadística descriptiva, prueba de Shapiro-Wilk, ANOVA-Welch y post hoc Tamhane T2 ($p < 0,05$). **Resultados:** La fuerza inicial promedio fue de 3,31 N (Rocky Mountain®), 3,11 N (American Orthodontics®) y 2,49 N (Morelli®), mientras que la fuerza final fue de 0,18 N, 0,17 N y 0,36 N, respectivamente. Rocky Mountain® y American Orthodontics® mostraron mayor degradación absoluta (3,13 y 2,94 N), mientras que Morelli® conservó más fuerza residual (0,36 N). Se hallaron diferencias significativas entre marcas, y la pérdida de fuerza no se correlacionó linealmente con la fuerza inicial. **Conclusiones:** La degradación de fuerza en módulos elastoméricos de poliuretano es marcada tras el envejecimiento in vitro, siendo más rápida en los módulos con mayor fuerza inicial. Se recomienda su recambio periódico para optimizar la eficacia clínica de los tratamientos ortodónticos.

Palabras clave: módulos elastoméricos, poliuretano, degradación de fuerza, ortodoncia, envejecimiento in vitro

ABSTRACT

Objective: To evaluate the force degradation of polyurethane elastomeric modules before and after in vitro aging. **Method:** An in vitro experimental, comparative, prospective, and longitudinal study was conducted with a sample of 45 elastomeric modules distributed into three groups of 15 units each: Rocky Mountain Orthodontics®, American Orthodontics®, and Morelli®. Force measurements were taken using an LG® universal testing machine, before and after 1000 thermocycling cycles, equivalent to one month of intraoral exposure. Data were analyzed using descriptive statistics, Shapiro-Wilk test, Welch ANOVA, and Tamhane T2 post hoc test ($p < 0.05$). **Results:** The mean initial forces were 3.31 N (Rocky Mountain®), 3.11 N (American Orthodontics®), and 2.49 N (Morelli®), while the final forces were 0.18 N, 0.17 N, and 0.36 N, respectively. Rocky Mountain® and American Orthodontics® showed greater absolute force degradation (3.13 N and 2.94 N), whereas Morelli® retained more residual force (0.36 N). Significant differences were found among brands, and force loss did not show a linear correlation with the initial force. **Conclusions:** Force degradation in polyurethane elastomeric modules is pronounced after in vitro aging, occurring more rapidly in modules with higher initial forces. Periodic replacement is recommended to optimize the clinical effectiveness of orthodontic treatments.

Keywords: elastomeric modules, polyurethane, force degradation, orthodontics, in vitro aging

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la ortodoncia ha avanzado significativamente, revolucionando no solo los métodos terapéuticos sino también buscando la mejor experiencia para los pacientes. A nivel mundial, se han desarrollado técnicas y materiales que permiten abordar maloclusiones dentales con mayor precisión y eficacia. En América Latina, y específicamente en Perú, la implementación de estas innovaciones ha mejorado notablemente los tratamientos ortodónticos. Por ejemplo, un estudio en la región reportó un aumento del 30% en la eficiencia de los tratamientos debido al uso de nuevos materiales que optimizan la fuerza de los dispositivos y reducen el tiempo necesario para la corrección dental (Vivanco y Peñaherrera, 2015).

Ante ello, los tratamientos de ortodoncia siguen siendo un factor determinante para la preservación de la salud bucal, ya que no solo buscan tratar maloclusiones dentales, sino prevenir problemas secundarios como la disfunción temporomandibular, el desgaste excesivo de dientes y la placa bacteriana crónica, los cuales pueden afectar significativamente la calidad de vida y la salud general del paciente si no se tratan adecuadamente en el tiempo. Por este motivo, el uso de diversos materiales para estos tratamientos es de vital importancia, ya que son esenciales para llevar un tratamiento efectivo y eficaz para los pacientes (Sfondrini y Scribante, 2023).

Dentro de este contexto, los módulos elásticos, también denominados ligaduras elastoméricas, son elementos fundamentales. Ya que, estas pequeñas estructuras de poliuretano son las encargadas de asegurar el arco dentro del slot del bracket, facilitando el movimiento dental planificado. Sin embargo, su exposición al medio bucal y las diversas condiciones en las que se encuentra podría afectar directamente las propiedades físicas de los módulos elásticos, generando la disminución de su durabilidad y eficacia clínica, pudiendo afectar la

eficacia del tratamiento, el cual sería el motivo principal de su reemplazo regular (Rosales, 2023).

1.1. Descripción y formulación del problema

En el ámbito de la ortodoncia, los módulos elásticos cumplen una función esencial al fijar el arco, permitiendo la aplicación de fuerzas controladas para los movimientos dentales. No obstante, estos dispositivos están expuestos a un entorno que incluye humedad, variaciones de temperatura y exposición a sustancias químicas. Por lo que, estas condiciones podrían afectar las propiedades elásticas de los módulos, reduciendo su eficacia funcional, generando la prolongación del tiempo de tratamiento (Vivanco y Peñaherrera, 2015).

Investigaciones recientes han destacado el impacto de factores ambientales en el rendimiento de los módulos elásticos. Por ejemplo, un estudio realizado por Vivanco y Peñaherrera (2015), evaluó cómo diferentes concentraciones de alcohol en enjuagues bucales afectan la fuerza y elasticidad de los módulos, encontrando que los niveles más altos de alcohol aceleran significativamente su degradación. Otros estudios *in vitro*, han demostrado que las ligaduras interproximales pierden fuerza significativamente durante las primeras horas de uso, especialmente en entornos húmedos (Farfán et al., 2017). Estos hallazgos subrayan la necesidad de emplear materiales de alta calidad y realizar controles periódicos para garantizar resultados clínicos óptimos (Rosales, 2023).

En Perú, la investigación sobre el desempeño y la degradación de los módulos elásticos es escasa, a pesar de que las condiciones bucales locales, influenciadas por factores ambientales y dietéticos, podrían tener un impacto significativo. Este vacío de conocimiento limita la capacidad de optimizar los tratamientos ortodónticos en nuestro país. Por otro lado, la falta de regulaciones estrictas en la importación y la comercialización de materiales odontológicos es una problemática que a día de hoy se encuentra vigente. Estudios locales destacan que los productos disponibles en el mercado nacional presentan una degradación más acelerada en

comparación con sus equivalentes evaluados bajo estándares controlados (Tenorio, 2021). Esto pone en evidencia la necesidad de implementar controles más rigurosos para garantizar la calidad de los materiales empleados en la práctica clínica.

Por consiguiente, el envejecimiento artificial *in vitro* es una herramienta eficaz para evaluar la durabilidad y funcionalidad de los elásticos, al replicar con precisión las condiciones intraorales. Sin embargo, su aplicación en la comparación de productos en el mercado local sigue siendo limitada. Este estudio busca establecer criterios objetivos para la selección de materiales, fortaleciendo la confianza en su uso y beneficiando a pacientes y profesionales. Dado que existen pocas investigaciones sobre estos módulos elásticos, se requiere un análisis más profundo en condiciones simuladas. Así, el propósito del proyecto es evaluar la pérdida de fuerza de módulos elásticos de distintas marcas antes y después del envejecimiento artificial, contribuyendo al desarrollo de mejores prácticas clínicas y resultados terapéuticos más predecibles.

A raíz de lo expuesto, se propone la siguiente interrogante: ¿Cuál es la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento *in vitro*?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Ebrahimi et al. (2024) desarrollaron en Irán, un estudio experimental *in vitro*, con el objetivo de evaluar como la degradación de fuerzas de los módulos elastoméricos y distintos métodos de ligadura influyen en la fricción cinética entre alambres de níquel-titanio (NiTi) o acero inoxidable (SS) y brackets metálicos. La muestra estuvo compuesta por 90 unidades distribuidas en 9 grupos, utilizando 2 tipos de alambres (NiTi y acero inoxidable) y 3 tipos de ligaduras (O-ring, figura de 8 y alambre SS), con 0° y 10° de ángulo de bracket-alambre. Se utilizó una máquina de ensayos universales para medir la fricción cinética y las muestras fueron

sumergidas en saliva artificial. Los resultados mostraron que la fricción cinética disminuyó a medida que avanzaba el tiempo, siendo la fricción más alta en la ligación de figura de 8 y la más baja en el alambre SS. No se observó efecto significativo del ángulo del bracket-alambre en la fricción ($P=0.141$). En conclusión, la ligación de figura de 8 generó la mayor fricción, mientras que los alambres SS y O-ring presentaron menos fricción, recomendándose evitar la figura de 8 para reducir la fricción en tratamientos ortodónticos.

Virdi et al. (2024) investigaron mediante un estudio comparativo experimental in vitro en la India, la degradación de las fuerzas de cuatro tipos de cadenas elastoméricas ortodónticas (Alastik™, 3M; Generation II Power Chain™, Ormco; Elastic Chain™, Morelli; y Plastic Chain™, American Orthodontics) sometidas a condiciones bucales. Las 80 muestras fueron divididas en dos grupos de 40: un grupo control, que se mantuvo en saliva artificial a 37°C, y un grupo de prueba que fue sometido a enjuague con flúor y movimiento dental simulado. Los resultados mostraron que la mayor degradación de fuerza ocurrió al primer día para todos los materiales, seguida de una pérdida progresiva hasta los 28 días, siendo la máxima pérdida de fuerza en la Plastic Chain (American Orthodontics), con un $67.84 \pm 3.02\%$, y la menor en Generation II Power Chain (Ormco) con un $51.9 \pm 6.76\%$. Finalmente, a los 28 días, la fuerza residual más alta fue para Generation II Power Chain con 188.5 ± 30.83 g en el grupo control y 182.5 ± 13.79 g en el grupo de prueba, mientras que la fuerza más baja fue para Plastic Chain con 172 ± 13.58 g en el grupo control y 150.5 ± 8.64 g en el grupo de prueba. En conclusión, las cadenas Plastic Chain (American Orthodontics) y Alastik (3M) mostraron una mayor degradación de fuerza en comparación con las cadenas de Generation II Power Chain (Ormco) y Elastic Chain (Morelli), recomendando el cambio de cadenas cada 14 días para mantener el movimiento dental óptimo.

Torres et al. (2023) en México, realizaron un estudio experimental comparativo donde se evaluó el efecto de las bebidas Coca-Cola®, café y cerveza sobre la degradación de fuerzas

y la elongación de cadenas elastoméricas ortodónticas. Cuya muestra estuvo conformada por 30 cadenas elastoméricas (Ormco y Borgatta), con 15 muestras por grupo, evaluadas en seis intervalos de tiempo (0, 1, 3, 7, 14 y 21 días). Estas fueron sumergidas diariamente durante 15 minutos en las soluciones correspondientes y luego colocadas en saliva artificial a 37°C para el resto del tiempo. A los 21 días, la fuerza residual para las cadenas de Ormco en saliva artificial fue de 76.78 ± 7.45 cN, mientras que para las de Borgatta fue de 60.40 ± 12.35 cN. Las cadenas Ormco expuestas a saliva a pH 4 mostraron una fuerza residual de 73.54 ± 5.09 cN. En cuanto a la elongación, las cadenas de Ormco pasaron de 6.0 ± 0.10 mm inicialmente a 7.6 ± 0.11 mm al final del estudio, mientras que las de Borgatta aumentaron de 5.5 ± 0.02 mm a 8.4 ± 0.16 mm en el mismo período. En conclusión, las cadenas elastoméricas sufren degradación de la fuerza y elongación principalmente durante las primeras 24 horas, y las cadenas Ormco mostraron menor pérdida de fuerza en comparación con las Borgatta, mientras que la exposición a las bebidas ácidas tuvo un impacto significativo en su comportamiento físico.

Otro estudio, realizado por Ebrahiminik et al. (2021) en Irán, investigó los efectos de la Povidona Yodada 1%, Clorhexidina 0.02% y Peróxido de Hidrógeno 5% sobre las propiedades mecánicas de ligaduras elastoméricas ortodónticas. La muestra consistió en 130 ligaduras elastoméricas divididas en cinco grupos, siendo evaluado en diferentes intervalos de tiempo (1, 7 y 28 días). Las ligaduras fueron expuestas a las soluciones desinfectantes durante 1 minuto cada día y luego se evaluó su resistencia a la tracción máxima mediante una máquina de ensayos universales. Los resultados mostraron que la resistencia a la tracción disminuyó significativamente en todos los grupos de prueba después de 28 días ($p < 0.05$), el grupo de control presentó una resistencia a la tracción de 21.21 ± 1.45 N, mientras que el grupo expuesto a PVP-I mostró 18.67 ± 1.03 N, el grupo de clorhexidina 23.11 ± 2.18 N y el grupo de peróxido de hidrógeno 16.50 ± 0.59 N. El análisis ANOVA entre sujetos mostró interacciones

significativas entre el tipo de desinfectante y el tiempo de exposición ($p < 0.0001$). En conclusión, el PVP-I tuvo efectos comparables a la saliva artificial, clorhexidina y peróxido de hidrógeno en la resistencia a la tracción de las ligaduras elastoméricas, y su uso durante la pandemia de COVID-19 podría ser seguro sin efectos adversos significativos en las propiedades de las ligaduras.

Shiloh (2020) realizó un estudio experimental *in vitro* en la Universidad de Marquette en E.E.U.U. donde evaluó si la resistencia a la tracción se vería afectada al colocar los módulos elastoméricos en un bracket de mayor tamaño en comparación con un bracket más pequeño. La muestra consistió en 240 módulos de las marcas American Orthodontics® y Dentsply Sirona®, que se sometieron a incubación durante 4 semanas a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ bajo diferentes condiciones: sin estiramiento en seco y en saliva artificial y con estiramiento colocadas sobre brackets pequeños y grandes, tanto en seco como en saliva artificial. Se realizó un análisis ANOVA $2 \times 3 \times 2$, sin embargo, los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambas ligaduras ($p = 0.1081$). Por otro lado, la presencia de saliva artificial redujo significativamente la resistencia a la tracción máxima ($p < 0.0001$) en comparación con las muestras secas, siendo los valores promedio de la resistencia máxima a la tracción de 2337 ± 354 gf para el estiramiento pequeño y 2353 ± 386 gf para el estiramiento grande. En conclusión, el estudio reveló que el estiramiento de los módulos elastoméricos causa una pérdida significativa de resistencia a la tracción, pero no hubo una diferencia significativa entre los brackets pequeños y grandes.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Aguilar et al. (2024) en Lima, realizaron un estudio experimental *in vitro*, el cual, buscó comparar la degradación de fuerzas de elásticos intermaxilares expuestos a colutorios bucales con clorhexidina al 0,05% y al 0,12% en diferentes intervalos de tiempo (0, 12 y 24 horas). La muestra de 90 elásticos intermaxilares de látex, distribuidos en tres grupos de 30, con

mediciones iniciales y posteriores tomadas con una máquina de ensayos universales a las 12 y 24 horas de exposición a los colutorios dieron como resultado que al inicio no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($p: 0,281$). Sin embargo, a las 12 y 24 horas, se observó una disminución de la fuerza en todos los grupos, siendo que la mayor disminución se dio en el grupo con clorhexidina al 0,05% (66,96 gf a las 24 horas), seguido por el grupo con clorhexidina al 0,12% (73,66 gf), y la menor disminución en el grupo control con agua destilada (78,96 gf a las 24 horas). Finalmente, concluyeron que la exposición a los colutorios de clorhexidina provocó una disminución progresiva de la fuerza de los elásticos, siendo mayor en el grupo con clorhexidina al 0,05%.

Herrera (2023) en Perú, realizó un estudio experimental, longitudinal y prospectivo. Donde buscó determinar la degradación de las fuerzas de los elásticos intermaxilares expuestos a colutorios bucales con clorhexidina al 0,05% + cloruro de cetilpiridinio al 0,05% y fluoruro de sodio al 0,04% en distintos intervalos de tiempo (inicio, 4 y 8 horas). La muestra estuvo constituida por 90 elásticos intermaxilares de látex, distribuidos en tres grupos de 30 elásticos. Utilizaron una máquina digital de ensayos universales para medir la fuerza de tracción, dando como resultado que la fuerza de los elásticos disminuyó progresivamente en todos los grupos, además se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la degradación de la fuerza entre los distintos tiempos de exposición ($p < 0,000$) y los colutorios ($p < 0,05$). Hallando que, a las 4 horas, la fuerza media fue de 180,32 gf en el grupo con clorhexidina + cloruro de cetilpiridinio, 183,07 gf en el grupo con fluoruro de sodio y 185,05 gf en el grupo control; a las 8 horas, la fuerza media fue de 172,06 gf, 173,01 gf y 175,69 gf, respectivamente. En conclusión, la exposición de los elásticos intermaxilares a los colutorios causó una pérdida progresiva de fuerza, siendo la mayor degradación observada en el grupo expuesto a clorhexidina + cloruro de cetilpiridinio.

Pacheco (2022) realizó una investigación en Lima, de tipo experimental prospectiva, con el objetivo de determinar la degradación de fuerzas de los elásticos intermaxilares de látex y sintéticos en distintos intervalos de tiempo: 0, 6, 12 y 24 horas. La muestra consistió en 60 elásticos intermaxilares de 5/16 pulgadas y 6.0 oz, divididos en dos grupos de 30 elásticos, los cuales, fueron estirados constantemente 24 mm en bases de acrílico y colocados en 500 ml de saliva artificial, luego se usó una máquina digital de ensayos para medir la fuerza de tracción. Los resultados mostraron que la fuerza media de los elásticos de látex disminuyó de 1.7347 gr al inicio del estudio a 1.3967 gr a las 24 horas, mientras que los elásticos sintéticos pasaron de 1.9290 gr a 1.4350 gr en el mismo período. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en todos los intervalos de tiempo. Concluyendo así, que los elásticos sintéticos presentaron una mayor degradación de fuerza en comparación con los de látex, especialmente en las primeras 6 horas.

Una investigación cuasiexperimental realizada por Miranda (2021) en Piura, comparó la pérdida de fuerza in vitro de módulos elastoméricos tipo cadena expuestos a Coca Cola®, Inca Kola®, Sprite® y agua destilada en diferentes tiempos de exposición (0 horas, 24 horas, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días). La muestra consistió en 40 segmentos de módulos elastoméricos tipo cadena de la marca Morelli®, divididos en 4 grupos, se utilizaron procedimientos estadísticos como ANOVA y Kruskal-Wallis para analizar las diferencias en la pérdida de fuerza entre los grupos. Los resultados indicaron que la pérdida de fuerza a las 24 horas fue de $2,24 \pm 0,09$ N para el grupo expuesto a Coca Cola®, $2,41 \pm 0,12$ N para Inca Kola®, $2,41 \pm 0,06$ N para Sprite® y $2,39 \pm 0,11$ N para agua destilada, con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). A los 28 días, la fuerza de los módulos elastoméricos expuestos a Coca Cola® disminuyó a 1,77 N, Inca Kola® a 1,92 N, Sprite® a 1,93 N y agua destilada a 2,00 N. Finalmente, se concluyó que la exposición a bebidas carbonatadas genera una pérdida progresiva de la fuerza de los módulos elastoméricos.

Por último, un estudio realizado en Lima, por Tenorio (2021) buscó evaluar mediante una investigación experimental in vitro la degradación de fuerzas en elásticos ortodóncicos intermaxilares expuestos a cargas cíclicas en diferentes periodos de tiempo. Para esto, se usaron 42 elásticos intermaxilares (de las marcas Dentsply, Ormco, y Orthodontic GyH), distribuidos en tres grupos de 14 unidades. Los elásticos fueron sometidos a un ciclo de estiramiento de 19.05-24.7 mm/min durante 24 horas en condiciones controladas de temperatura (36-38°C) y pH 7. Se utilizaron celdas de carga para medir la fuerza y un software para almacenar los datos. El análisis estadístico incluyó ANOVA y comparaciones múltiples. Los resultados mostraron que los elásticos Dentsply presentaron la mayor fuerza inicial (106.85 g) y final (94.67 g) comparado con Ormco (94.37 g y 83.18 g) y Orthodontic GyH (71.04 g y 54.34 g). Se concluyó, que los elásticos Dentsply demostraron una mayor resistencia a la degradación, mientras que Orthodontic GyH presentó la mayor pérdida de fuerza durante el periodo de estudio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la degradación de fuerza en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics® antes y después del envejecimiento artificial.

- Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca Rocky Mountain Orthodontics® antes y después del envejecimiento artificial.

- Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca Morelli® antes y después del envejecimiento artificial.

- Comparar la fuerza inicial in vitro de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli® antes del envejecimiento artificial.
- Comparar la fuerza final in vitro de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli® después del envejecimiento artificial.
- Comparar la degradación de las fuerzas in vitro de los módulos elastoméricos de las marcas comerciales American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli®.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Desde un punto de vista teórico, este trabajo se justifica porque aborda una problemática compleja, ya que hay muy pocos estudios realizados bajo condiciones que simulen el medio bucal. Siendo así, permitirá ampliar el conocimiento actual sobre este tema, especialmente en lo que respecta a la influencia de factores como la humedad y los cambios térmicos en la pérdida de fuerza de los elásticos. Al aplicar métodos como el envejecimiento artificial, esta investigación contribuirá a un entendimiento más profundo de las propiedades mecánicas de los elásticos y su comportamiento en condiciones realistas, beneficiando a toda la comunidad odontológica.

1.4.2. Justificación clínica

En el ámbito clínico, la degradación de los módulos elastoméricos tiene un impacto directo en la eficacia y duración de los tratamientos ortodónticos. Cuando estos pierden su fuerza antes de tiempo, los movimientos dentales esperados no se logran, prolongando innecesariamente el tratamiento y aumentando la carga económica para el paciente. Este estudio permitirá identificar que marcas comerciales podrían ofrecer un mejor desempeño,

contribuyendo en la toma de decisiones de los profesionales, con el fin de optimizar la selección de elásticos que generen tratamientos más efectivos, mejorando la experiencia de los pacientes.

1.4.3. Justificación social

La relevancia social de este trabajo radica en su capacidad para abordar una problemática que afecta a pacientes y profesionales de la salud dental, especialmente en regiones donde el conocimiento sobre las marcas y materiales odontológicos es limitado. A su vez, contribuirá a la selección de materiales de calidad, equilibrando el costo - beneficio, lo que permitirá mejorar los resultados de los tratamientos y reducir las desigualdades en el acceso a una atención odontológica efectiva. Además, proporcionará evidencia científica para guiar la elección de productos, promoviendo la comercialización de materiales de calidad y fortaleciendo la confianza en la ortodoncia como una práctica confiable basada en evidencia.

1.5. Hipótesis

Existe diferencias significativas en la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Conceptos fundamentales en ortodoncia*

La ortodoncia es una especialidad de la odontología que se enfoca en el diagnóstico, prevención y plan de tratamiento de las maloclusiones dentales. Principalmente estudia las variaciones en el desarrollo de las piezas dentarias y su alineación entre piezas y arcadas. Con el fin de mejorar la funcionabilidad y estética de los pacientes, implementando biomecánicas con fuerzas controladas e implementos adicionales que favorezcan el movimiento dentario y la creación de hueso en el proceso, evitando las reabsorciones y pérdida de estabilidad de los dientes (Proffit et al., 2019).

2.1.1.1. Maloclusión dental. Es una condición en la que los dientes poseen una inadecuada alineación, está se podría dar por malposición de las piezas dentarias o de los maxilares, generando problemas en la oclusión, dolor en la masticación y alteraciones en la articulación temporomandibular (ATM). Esto no solo afecta la función sino también la estética de los pacientes. Sin embargo, las maloclusiones dentarias, suelen ser provocadas por diversos factores, entre ellos, factores genéticos, hábitos orales incorrectos y crecimiento anormal de los maxilares. Para poder comprender un poco más sobre ello, Angle, clasificó estas maloclusiones de la siguiente manera (Angle, 1907).

A. Maloclusión clase I. Es aquella maloclusión donde existe una buena relación entre los maxilares, sin embargo, pueden existir problemas por apiñamiento dental o mordidas cruzadas, las cuales suelen presentarse en el sector anterior (Angle, 1907; Proffit et al., 2019).

B. Maloclusión clase II división 1. Es aquella maloclusión donde la existe una relación mesiodistal anormal de las arcadas, usualmente se observa la desarmonía marcada en la región incisal. Suele observarse mordida profunda, over jet aumentado y arco superior

estrecho. Los pacientes suelen presentar convexidad facial marcada e incompetencia labial (Angle, 1907).

C. Maloclusión clase II división 2. Al igual que la anterior, presenta una relación mesiodistal anormal de las arcadas, sin embargo, se caracteriza por la retrusión de los incisivos superiores, reoinclinación de las coronas clínicas e incisivo laterales con mal posicionamiento. Los pacientes suelen presentar tonicidad muscular aumentada, sonrisa gingival, labio superior corto o hipotónico, labio inferior hipertónico, arcada superior en forma cuadrada y sobremordida profunda. Se suele subdividir en tipo A, B y C (Angle, 1907; Proffit et al., 2019).

D. Maloclusión clase III. La existencia de esta clase se puede deber a varios factores entre los principales retrognatismo maxilar, prognatismo mandibular o una combinación de ambos, demostrando la presencia de una relación esquelética alterada. Estos pacientes suelen tener la mordida invertida, perfil cóncavo exagerado y mentón prominente. La solución más óptima para estos casos, se sugiere es quirúrgica (Proffit et al., 2019).

2.1.1.2. Tratamiento ortodóntico. Es el proceso por el cual se lleva a cabo la corrección de los mal posicionamientos dentales, sin embargo, para obtener un resultado favorable para el paciente, este debe ser diagnosticado y planificado, a su vez, debe ser personalizado según las necesidades del paciente, con la finalidad de generar movimientos a través de fuerzas controladas, que mejoren la funcionalidad y estética del paciente (Farfán et al., 2017; Proffit et al., 2019).

A. Alineamiento y nivelación. Es la primera fase del tratamiento ortodóntico, a través del cual se inician los movimientos dentarios posterior al diagnóstico y plan de tratamiento establecido. En esta fase, los dientes se mueven a posiciones más funcionales y estéticas para el paciente, mediante el uso de brackets y arcos metálicos. Es en esta primera fase donde el uso de los módulos elastoméricos cumplen una función fundamental, ya que al mantener los arcos dentro del slot del brackets, generan la fuerza necesaria para la primera corrección de las piezas

dentarias. Estos módulos elastoméricos ayudan a corregir inclinaciones y alinean los dientes dentro de los arcos dentarios, además de que se pueden colocar de diversas formas para mejorar la cantidad de fuerza que se requiera (Contreras, 2016; Ebrahimi et al., 2024; Proffit et al., 2019).

B. Cierre de espacios. En caso de extracciones, esta fase es fundamental, ya que busca cerrar los espacios generados por estas. En estos casos se emplean las cadenas elastoméricas, las cuales, ayudarán en el desplazamiento de los dientes en la dirección deseada controlando la fuerza mediante equipos como los dinamómetros. En casos de enfermedad periodontal previa, se recomienda desde el inicio del tratamiento el uso de retro ligaduras activas, usando módulos elastoméricos y alambres de ligadura, para evitar el estrés innecesario sobre el ligamento periodontal, dando el tiempo prudente de generar masa ósea (Contreras, 2016; Lerner, 1999; Sfondrini y Scribante, 2023).

C. Acabado e intercuspidación. En esta fase se realizan ajustes pequeños para lograr la correcta posición de los dientes y mantener una mordida estable. Para ello, se suelen usar los elásticos intermaxilares, los cuales mantendrán la posición de los dientes, además de ser necesario generarán movimientos finos de rotación o intercuspidación. Por otro lado, los módulos elastoméricos cumplen su correcta función manteniendo el alineamiento y nivelación inicial de las piezas dentarias, contribuyendo a la estabilidad del tratamiento (Sfondrini y Scribante, 2023; Tenorio, 2021).

D. Contención. Ya habiendo culminado las fases anteriores, se busca mantener los dientes en la nueva posición alineada y funcional, por lo que los pacientes deberán usar una contención sea removible o fija, para evitar movimientos de recidiva (Proffit et al., 2019).

2.1.2. Elásticos ortodónticos

El uso de materiales elásticos en odontología se remonta al siglo XIX, cuando los primeros ortodoncistas comenzaron a experimentar con diversos materiales para facilitar el

movimiento dental. Edward Angle, considerado el padre de la ortodoncia moderna, introdujo principios biomecánicos en el uso de bandas y alambres metálicos, incorporando eventualmente elementos elásticos para mejorar la eficiencia de los tratamientos. Los elásticos ortodóncicos son dispositivos de tracción utilizados para corregir maloclusiones, alineaciones dentarias y discrepancias esqueléticas. Se emplean en diversas formas, incluyendo módulos elastoméricos (ligaduras elásticas), cadenas elastoméricas y elásticos intermaxilares. Su función principal es generar fuerzas controladas para el desplazamiento dentario, facilitando la alineación y oclusión correcta de los dientes (Angle, 1907; Uribe, 2010).

2.1.2.1. Importancia de los elásticos en ortodoncia. Los materiales elastoméricos constituyen un componente esencial en la biomecánica ortodóncica, un ejemplo de su aplicación clínica es el uso de cadenas elastoméricas para cerrar espacios interdentes, donde su capacidad para mantener una fuerza sostenida es crucial para lograr el movimiento dental deseado sin afectar la vitalidad periodontal. La capacidad de estos materiales para preservar su integridad mecánica a lo largo del tiempo varía en función de múltiples variables, tales como la composición química, la metodología de fabricación y las condiciones a las que son expuestos in vivo (Vivanco y Peñaherrera, 2015).

2.1.2.2. Clasificación de los elásticos. Los elásticos ortodóncicos se pueden clasificar según su función y material de elaboración. Estos elásticos varían según la biomecánica que se emplea para el tratamiento ortodóncico (Vivanco y Peñaherrera, 2015). Según su función, los elásticos se van a dividir en.

A. *Intermaxilares e intramaxilares.* Siendo los segundos menos frecuentes a menos que el plan de tratamiento lo requiera y/o sean casos específicos. Por otro lado, los intermaxilares, son los más empleados para biomecánicas, ya que se utilizan para aplicar fuerzas corrigiendo la relación entre los maxilares, como en las maloclusiones de Clase II o III (Chiguala, 2017).

B. Cadenas elastoméricas. Se emplean principalmente para el cierre de espacios dentales, están conformadas por elásticos conectados, generando una fuerza constante frente al movimiento dentario, por otro lado, según se requiera existen 3 tipos según la distancia que se desea estirar, las cuales son: tramo corto o continuo, tramo intermedio y tramo largo (Chiguala, 2017).

C. Módulos elastoméricos. También llamados, gomas de brackets, ligaduras elastoméricas, elásticos o módulos. Son elásticos pequeños que se utilizan para fijar los alambres a los brackets. Se colocan alrededor de los brackets para mantener el arco en su lugar durante el tratamiento (Meseguer et al., 2020).

D. Elásticos extraorales. Se utilizan en dispositivos como los casquetes ortopédicos para corregir discrepancias óseas en ortodoncia y ortopedia maxilar (Ahmed et al., 2016).

Según su material: varía según el tipo de material que se emplea para su elaboración.

- Elásticos naturales: fabricados a partir de látex, presentan mayor elasticidad, pero tienden a degradarse más rápidamente en condiciones bucales (Sfondrini y Scribante, 2023).
- Elásticos sintéticos: elaborados con polímeros de alto rendimiento, ofrecen mayor resistencia a la humedad y menor degradación mecánica (Luque, 2020).

2.1.3. Módulos elastoméricos

Los módulos elastoméricos son dispositivos con propiedades viscoelásticas que les permiten recuperar su forma tras la aplicación de fuerzas. La composición de estos elastómeros varía según el fabricante, lo que influye en su resistencia mecánica, estabilidad dimensional y durabilidad. Sin embargo, el poliuretano es ampliamente utilizado debido a su alta resistencia a la tracción y estabilidad en distintas condiciones ambientales, aunque su degradación puede verse afectada por factores como la temperatura, la humedad y la exposición a fluidos bucales. Por otro lado, la silicona presenta mayor biocompatibilidad y menor absorción de fluidos, lo

que contribuye a mantener su integridad estructural y minimizar el deterioro en la cavidad oral (Contreras, 2016; Mesenguer et al., 2020).

Si bien, su función principal es la sujeción del alambre dentro del bracket, facilitando la transmisión de fuerzas biomecánicamente controladas. Esta función puede variar según el tipo de bracket y la técnica ortodóncica utilizada, ya que en sistemas convencionales las ligaduras elastoméricas fijan el arco de manera pasiva. Asimismo, las técnicas ortodóncicas pueden requerir diferentes niveles de tensión y adaptación de los módulos elastoméricos dependiendo del tipo de movimiento dental deseado, como traslación, rotación o inclinación (Contreras, 2016; Morales et al., 2014).

2.1.3.1. Composición química. El principal compuesto con el que se fabrican son los polímeros, que son formados a partir de los monómeros (estructuras pequeñas). Los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. Siendo los más empleados en ortodoncia los elastómeros sintéticos debido a sus propiedades mejoradas y bajos costos. Además, estos elastómeros pueden contener aditivos como plastificantes, estabilizadores, colorantes y agentes lubricantes que optimizan su desempeño mecánico, prolongando su funcionalidad dentro del tratamiento ortodóncico, los principales compuestos con los que están elaborados son los siguientes materiales (Contreras, 2016; Mesenguer et al., 2020).

A. Poliuretano. Es el material más comúnmente usado para la fabricación de los módulos elastoméricos ortodónticos debido a sus excelentes propiedades mecánicas y su resistencia al desgaste y a la abrasión. Es un polímero sintético que se produce mediante la reacción de un diisocianato con un polioliol. El poliuretano tiene propiedades elásticas, lo que permite que los módulos elastoméricos se estiren significativamente y luego vuelvan a su forma original sin deformarse permanentemente (Contreras, 2016).

B. Silicona. Es otro material que se usa ocasionalmente para la fabricación de módulos elastoméricos. Aunque no es tan común como el poliuretano, su elasticidad y

biocompatibilidad la hacen útil para aplicaciones específicas, como el caso de alergias. Las siliconas si bien son más flexibles, generalmente tienen una menor resistencia a la abrasión que los poliuretanos (Contreras, 2016).

C. Caucho natural (látex). En la actualidad es poco usada en ortodoncia debido a problemas de alergias y mayor desgaste, a pesar de que el caucho natural ha sido históricamente empleado para la fabricación de elásticos ortodónticos. El caucho natural es una goma blanca, elástica que proviene de la savia de ciertos árboles tropicales, como la *Hevea brasiliensis* (Contreras, 2016).

D. Agente de curado (vulcanización). Para mejorar las propiedades de estos polímeros se les añade aditivos, los cuales contribuyen en la mejora de la elasticidad y resistencia del material. Por ello, estos agentes (peróxidos o isocianatos) son sometidos a un proceso de vulcanización (Contreras, 2016).

E. Plastificantes. Estos son incorporados a los polímeros con el fin de mejorar la flexibilidad del material, reduciendo la rigidez y aumentando la capacidad de elongación sin causar deformaciones permanentes con facilidad (Contreras, 2016).

F. Colorantes. Estos son seleccionados cuidadosamente, para evitar la modificación de las propiedades mecánicas y biocompatibles de los elastómeros. Suelen ser de diversos colores según elección de las propias marcas (Contreras, 2016).

G. Materiales de refuerzo. Usualmente se suelen reforzar con materiales de relleno como el carbono de calcio, el sílice y arcillas; estos mejoran la resistencia y estabilidad dimensional de los elastómeros, del mismo modo reducen el costo de fabricación y mejorar su desempeño mecánico (Contreras, 2016).

2.1.3.2. Propiedades mecánicas. Los módulos elastoméricos poseen propiedades como la mayoría de elásticos, sin embargo, debido a su función específica, se mencionan las siguientes (Rosales, 2023).

A. Elasticidad. Es la capacidad de los elásticos que permite estirarse o comprimirse bajo la aplicación de una fuerza y luego volver a su forma inicial una vez que la fuerza sea retirada. En ortodoncia, la elasticidad es esencial porque los módulos elastoméricos deben poder mantener una fuerza constante durante un período de tiempo prolongado para mover los dientes sin perder su forma y eficacia (Contreras, 2016; Rosales, 2023).

B. Módulo de elasticidad. También conocido como módulo de Young, es una medida de la rigidez de un material. El módulo de elasticidad describe cuánta fuerza es necesaria para causar una cierta deformación en el material. En los módulos elastoméricos, el módulo de elasticidad indica cuán resistente es el material a la deformación bajo una carga determinada. Un módulo de elasticidad alto significa que el material es más rígido, y un módulo bajo significa que es más flexible (Contreras, 2016; Proffit et al., 2019).

C. Resistencia a la tracción. La resistencia a la tracción hace referencia a la capacidad del módulo elastomérico para soportar fuerzas de elongación sin experimentar ruptura o pérdida estructural significativa. Este parámetro es crucial para la selección del material en ortodoncia, ya que una baja resistencia a la tracción puede derivar en fallas prematuras del dispositivo. Investigaciones han encontrado que algunas marcas comerciales presentan una resistencia significativamente mayor en comparación con otras, lo que indica que la composición química y el proceso de fabricación juegan un papel determinante en la durabilidad del material (Shiloh, 2020).

D. Deformación plástica y elástica. La deformación elástica es un fenómeno reversible en el que el módulo elastomérico recupera su forma original tras la eliminación de la carga mecánica aplicada. Por el contrario, la deformación plástica implica un cambio permanente en la morfología del material, lo que compromete su efectividad en la aplicación de fuerzas ortodóncicas. Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a

fuerzas y a factores ambientales como temperatura y humedad pueden acelerar la transición de la deformación elástica a la plástica (Rouillon et al., 2022).

E. Durabilidad y estabilidad dimensional. La estabilidad dimensional de los módulos elastoméricos se refiere a su capacidad para conservar su estructura y funcionalidad a lo largo del tiempo sin sufrir deformaciones significativas. Estudios han demostrado que los elastómeros de alta calidad mantienen mejor su integridad estructural tras exposiciones prolongadas a ciclos de carga, mientras que aquellos de menor calidad tienden a perder fuerza y elongarse de manera permanente. La evaluación in vitro de estos materiales permite predecir su comportamiento clínico y optimizar su selección en función de su durabilidad (Contreras, 2016).

2.1.3.3. Factores que influyen en la degradación y deterioro de las fuerzas. La degradación de fuerzas de los módulos elastoméricos es un proceso complejo que puede ocurrir a través de varios mecanismos, entre los cuales se incluyen la degradación física, química y biológica. Cada uno de estos procesos contribuye a la pérdida de las propiedades del material, afectando su rendimiento y capacidad para generar la fuerza necesaria durante el tratamiento. Los elastómeros utilizados en ortodoncia están sujetos a múltiples factores que pueden alterar su funcionalidad y acortar su tiempo de vida útil. Entre estos factores se encuentran los siguientes (Ebrahimi et al., 2024).

A. Absorción de agua y envejecimiento. Los elásticos pueden absorber agua y otros fluidos bucales (saliva), lo que puede generar hinchamiento, afectando su elasticidad y resistencia mecánica reduciendo su capacidad de recuperación. La exposición prolongada a la humedad y microorganismos favorece la degradación química, biológica y mecánica del material. Además, el envejecimiento natural del elastómero puede hacer que pierda su capacidad de retención de fuerza, afectando su eficacia en el tratamiento ortodóncico. Estudios han demostrado que los elásticos intermaxilares pierden una cantidad significativa de fuerza

en la primera hora de exposición a la saliva artificial, mientras que a las 12 horas, la degradación se estabiliza (Romero, 2019; Zhañay et al., 2020).

B. Aplicación prolongada de carga y esfuerzos dinámicos. Los esfuerzos dinámicos de larga duración pueden generar roturas por fatiga, una de las principales causas de falla en los elásticos ortodóncicos. La cantidad de deformación plástica acumulada en el material puede incrementar con el tiempo, reduciendo su estabilidad dimensional y funcionalidad (Rosales, 2023).

C. Influencia del módulo de Young y la Ley de Hooke. El módulo de Young en materiales homogéneos e isótropos, es constante e independiente del esfuerzo aplicado, siempre que no se supere el límite elástico. Según la Ley de Hooke, el módulo de elasticidad se define como la relación entre la deformación y el esfuerzo, lo que permite evaluar el comportamiento mecánico del elastómero mediante ensayos de tracción (Rouillon et al., 2022).

D. Variaciones del pH. El pH en la cavidad oral oscila entre 7.2 y 7.6, pero puede fluctuar dependiendo de factores como la alimentación y la producción salival. Se ha encontrado que un pH ácido (5.5) acelera la degradación de la fuerza en los elásticos en comparación con valores más neutros o alcalinos. Otros estudios sugieren que el fenómeno de hinchamiento, donde las cadenas moleculares de los elastómeros absorben líquido, contribuye a la disminución de la fuerza durante las primeras 24 a 36 horas de uso (Ajami et al., 2017; Lacerda et al., 2012).

E. Variaciones de temperatura. La cavidad oral suele tener cambios de temperatura de entre 5°C y 55°C, teniendo en su mayoría una temperatura de 37°C. Siendo temperaturas muy variables, estas suelen afectar las propiedades físicas del material (Xie et al., 2010).

2.1.3.4. Degradación de fuerzas en módulos elastoméricos. Este término hace referencia a cómo la fuerza aplicada o medida en un sistema disminuye con el tiempo debido a factores como el desgaste, fatiga, o la pérdida de propiedades de los materiales involucrados.

Para poder obtener el porcentaje, primero se debe contar con los datos de la fuerza en diferentes momentos del tiempo o en diferentes intervalos. Estos datos pueden incluir: fuerza inicial (al comienzo del experimento), fuerza final (después de un tiempo determinado) y fuerza medida en puntos intermedios del tiempo, si es que fuera necesario (Viridi et al., 2024).

La degradación de la fuerza se puede calcular como el cambio relativo de la fuerza con respecto a la fuerza inicial, según Viridi et al. (2024). Cuya fórmula es:

$$\text{Degradación de fuerza (\%)} = \frac{(\text{Fuerza inicial} - \text{Fuerza final})}{\text{Fuerza inicial}} \times 100$$

Donde:

- Fuerza inicial: valor de la fuerza al inicio del proceso o experimento.
- Fuerza final: valor de la fuerza después de un tiempo o bajo condiciones específicas.

A. Pruebas para determinar la degradación de fuerzas. El ensayo de tracción es una prueba mecánica utilizada para medir cómo los elásticos reaccionan a las fuerzas de estiramiento. En esta prueba, una muestra del material se somete a una carga de tracción de manera controlada hasta que se alcanza la ruptura o una deformación significativa (Shiloh, 2020).

B. Máquina de ensayos universales. La máquina de ensayo universal se utiliza para aplicar una fuerza de tracción sobre los elásticos, generalmente a una tasa de 100mm/min, según el ISO 21606:2022, mientras se mide la elongación y la fuerza aplicada. Este ensayo permite obtener datos clave sobre las propiedades mecánicas del material, tales como: la resistencia a la tracción, elasticidad, deformación plástica y el módulo de elasticidad (Shiloh, 2020).

2.1.3.5. Marcas comerciales. Como en muchos otros países, existen diversas marcas comerciales que fabrican y distribuyen módulos elastoméricos para tratamientos ortodónticos.

En su mayoría, las marcas más conocidas a nivel internacional tienen presencia en el mercado peruano. A continuación, se tomará en cuenta algunas de las marcas comerciales más relevantes (Mendoza, 2018).

A. American Orthodontics®. Es una de las empresas más grandes del mundo dedicadas exclusivamente a la fabricación, diseño y distribución de productos ortodónticos. Fundada en el año 1968, la compañía tiene su sede en Sheboygan, Wisconsin en Estados Unidos y desde aquellos años ha mantenido una posición destacada en la industria ortodóntica internacional. Entre su gama de productos más destacados se encuentran los brackets metálicos convencionales, los brackets autoligables Empower® 2, los estéticos de zafiro Radiance® Plus, así como una amplia variedad de arcos ortodónticos, tubos molares, ligaduras, bandas, stops, cadenas elásticas y otros accesorios ortodónticos. También ofrecen soluciones estéticas avanzadas, como arcos recubiertos y sistemas de baja visibilidad, ideales para pacientes que buscan discreción en sus tratamientos (American Orthodontics, 23 de mayo de 2019c).

En cuanto a calidad y certificaciones, American Orthodontics® cumple con estrictos estándares internacionales. Sus productos cuentan con certificaciones como ISO 13485, además de estar aprobados por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU.), lo cual respalda su seguridad y eficacia. La empresa ha sido reconocida por su atención al cliente, su política de mejora continua y su compromiso con la innovación tecnológica. Gracias a su combinación de excelencia en manufactura, soporte técnico, servicio postventa y enfoque en la experiencia del paciente, American Orthodontics® se posiciona como una de las marcas líderes en ortodoncia a nivel mundial, compitiendo en la misma categoría que otras grandes compañías del sector como 3M Unitek®, Ormco® y Rocky Mountain Orthodontics® (American Orthodontics, 23 de mayo de 2019a).

Los módulos elastoméricos Unisticks™, es uno de los productos más comerciales de American Orthodontics®, los cuales se emplean para asegurar el arco dentro de las ranuras de

los brackets durante los tratamientos ortodónticos. Están fabricados con poliuretano de grado médico libre de látex, lo que los hace hipoalergénicos, resistentes a manchas y con retención estable del color. Por otro lado, su diseño moldeado, con un diámetro interno de 0.045 pulgadas y un diámetro externo de 0.115 pulgadas, ofrece una sujeción eficiente sin aportar volumen excesivo (American Orthodontics, marzo de 2025).

Los Unisticks® se destacan por su presentación versátil en diferentes formatos de 6-sticks, 10-rings y 20-sticks, adaptándose a las necesidades clínicas de los ortodoncistas. Además, están disponibles en presentaciones 40 unidades por paquetes de 24 ligaduras por stick con una paleta de 28 colores, los cuales mantienen su estabilidad cromática durante el uso prolongado. Esta variedad no solo favorece la estética del tratamiento, sino que también hace más atractiva la experiencia para los pacientes, especialmente los más jóvenes (American Orthodontics, 23 de mayo de 2019b).

Desde el punto de vista clínico, los Unisticks® ofrecen una resistencia y elasticidad óptimas, gracias a su diseño sin pestañas, su colocación y remoción resultan sencillas, mejorando la eficiencia del profesional y la comodidad del paciente. Además, su presentación libre de látex garantiza la seguridad de pacientes con alergias. Por su calidad, estos módulos han sido reconocidos en múltiples ocasiones por los premios Townie Choice Awards® otorgados por Orthotown Magazine, como uno de los productos favoritos entre ortodoncistas (American Orthodontics, 23 de mayo de 2019b, marzo de 2025).

B. Rocky Mountain Orthodontics®. Es una empresa con una vasta trayectoria en el campo de la ortodoncia. Fundada en 1933, bajo el nombre original de Rocky Mountain Metal Products (RMO®) se ha consolidado como la empresa de ortodoncia privada más antigua de los Estados Unidos. A lo largo de los años, ha sido pionera en la creación de técnicas y productos que han revolucionado la práctica ortodóntica, como el desarrollo del sistema bioprogresivo, una técnica que ha tenido un impacto significativo en los tratamientos

ortodónticos actuales. Entre sus productos más destacados se encuentran los brackets como el Alpine SL®, un bracket autoligante que optimiza el manejo clínico y mejora la eficiencia de los tratamientos. Además, RMO® cuenta con los arcos estéticos FLI®, que están recubiertos con un material que simula el color natural de los dientes, brindando un aspecto estético durante el tratamiento (Ibérica de Ortodoncia, s.f.).

Otro de los productos más reconocidos de RMO® son las gomas de ortodoncia Energy®, fabricadas con látex de calidad quirúrgica superior. Estas gomas están disponibles en varias fuerzas y tamaños para ajustarse a los diferentes planes de tratamiento. Además, RMO® proporciona el sistema de bandas TruForm®, que incluye anillos ortodónticos para molares, facilitando la organización y eficiencia en la práctica clínica (Rocky Mountain Orthodontics, s.f.-b).

Con sede en Denver, Colorado, RMO® también está presente a nivel internacional, gracias a su colaboración con distribuidores locales, RMO® garantiza que los ortodoncistas tengan acceso a productos innovadores de alta calidad respaldados por más de ocho décadas de experiencia (Ibérica de Ortodoncia, s.f.; Rocky Mountain Orthodontics, s.f.-a).

Junto con los módulos elastoméricos Mini Stick™, a lo largo de su historia, RMO® ha sido pionera en el desarrollo de técnicas y productos innovadores, como el sistema bioprogresivo, siendo que han contribuido significativamente al avance de la ortodoncia moderna (Rocky Mountain Orthodontics, s.f.-d). Los módulos elastoméricos son componentes esenciales en los tratamientos ortodónticos, utilizados para transmitir las fuerzas necesarias que facilitan el movimiento dental. Por lo que, RMO® ofrece una variedad de estos módulos, diseñados para satisfacer diferentes necesidades clínicas:

- Gomas de ortodoncia de ligadura J003 Series®: Estas gomas están diseñadas para asegurar el arco dentro de las ranuras de los brackets. Están fabricadas con materiales de alta calidad, garantizando durabilidad y eficacia en su uso.

- Cadenas elastoméricas Energy Chain®: Estas cadenas elásticas son utilizadas para cerrar espacios entre dientes y facilitar el movimiento dental. Están disponibles en diferentes tamaños y fuerzas, adaptándose a las necesidades específicas de cada tratamiento.
- Gomas Energy®: Fabricadas con látex de grado quirúrgico, estas gomas ofrecen una variedad de fuerzas y tamaños para adaptarse a diversos planes de tratamiento. Cada bolsa contiene 5,000 bandas, facilitando su uso en clínicas con alto volumen de pacientes (Rocky Mountain Orthodontics, s.f.-b).

Las gomas de ortodoncia de ligadura J003 series de Rocky Mountain Orthodontics® están diseñadas para asegurar el arco dentro de las ranuras de los brackets durante los tratamientos ortodónticos. Estas gomas vienen en una mini caja individual, con un total de 1,000 ligaduras por paquete, organizadas en barras de 10 ligaduras cada una. El diámetro exterior de cada ligadura es de 0.121 pulgadas (3.07 mm), lo que permite una sujeción eficaz del arco y facilita el movimiento dental planificado durante el tratamiento. Estas especificaciones hacen que las gomas de ligadura J003 series sean una opción confiable y eficiente para ortodoncistas que buscan un material duradero y de alta calidad en sus prácticas (Rocky Mountain Orthodontics, s.f.-c).

C. Morelli®. Es una empresa brasileña que tiene más de 40 años de experiencia en la fabricación de productos ortodónticos de alta calidad. Desde su fundación en Sorocaba, São Paulo, la compañía se ha consolidado como un referente en el mercado ortodóntico internacional, fabricando más de 20 millones de piezas al mes. Con un portafolio de más de 2,000 productos, Morelli ofrece soluciones innovadoras que abarcan desde brackets hasta ligaduras y otros accesorios ortodónticos, cubriendo todas las necesidades de los ortodoncistas y sus pacientes. La empresa ha logrado mantener su liderazgo a través de su compromiso con la calidad y la innovación, lo que la ha llevado a obtener certificaciones internacionales como ISO 13485, FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU.), y la

Comunidad Europea (CE), lo que respalda sus estándares de fabricación y calidad (Morelli Ortodontia, s.f.-b).

En cuanto a sus productos, Morelli® destaca por la amplia variedad que ofrece, abarcando desde sistemas de brackets metálicos hasta soluciones estéticas. El módulo elastomérico Dentalastic™, es una ligadura elástica de alta calidad utilizada en ortodoncia está diseñado para garantizar una fijación eficaz del arco, y su elasticidad optimiza el movimiento dental. Este producto está disponible en varias presentaciones: paquetes de 1,000 anillos, 120 anillos y 24 anillos, lo que lo hace conveniente para diferentes volúmenes de tratamiento. Además, el producto se ofrece en una amplia gama de colores como amarillo, azul, blanco, verde, rojo, negro, y muchos otros, incluyendo opciones transparentes y con tonos cristal, permitiendo una personalización estética en los tratamientos ortodónticos. Están fabricados con poliuretano, un material conocido por su durabilidad y elasticidad, lo que asegura su efectividad durante el proceso de alineación dental (Morelli Ortodontia, s.f.-a; Orthosur, s.f.; Techdent, s.f.).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Según Bernal (2010) y Capetillo y Roesch (2023), el presente estudio fue:

- Experimental: debido a la intervención de la investigadora. Las muestras se sometieron a condiciones controladas en un laboratorio, simulando las condiciones bucales.
- Comparativo: debido a que se evaluarán los valores de las fuerzas antes y después del envejecimiento y las posibles variaciones según las marcas seleccionadas para este estudio.
- Prospectivo: los datos se obtuvieron según se fue avanzando la investigación.
- Longitudinal: las mediciones se realizaron en 2 momentos de tiempo: antes del envejecimiento y después del mismo, manteniendo un seguimiento continuo de la máquina.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Para llevar a cabo el presente estudio, se solicitaron a las diferentes casas dentales los módulos elastoméricos. Por otro lado, tanto el ensayo de tracción, el cual mide la degradación de fuerzas y el envejecimiento artificial fueron realizados en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate S.A.C., ubicado en la Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima, durante el mes de julio de 2025.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

- Módulos elastoméricos.

3.3.2. Variante dependiente

- Degradación de fuerzas.

3.3.3. Variable interviniente

- Envejecimiento artificial.

3.3.4. Operacionalización de variables

Variables	Definición	Indicador	Escala	Valor
Módulos elastoméricos (Independiente)	Son elásticos sintéticos, hechos de poliuretano, en ortodoncia se utilizan para fijar los arcos a los brackets.	Según presentación comercial	Nominal	1= Rocky Mountain Orthodontics® 2= American Orthodontics® 3= Morelli®
Degradación de fuerzas (Dependiente)	Pérdida de la fuerza de los módulos elastoméricos después de un determinado tiempo por fatiga del material.	Máquina de Ensayo Universal Uniaxial LG® (ensayo de tracción)	Razón Ordinal	0-X N (Newton) 1= 0 – 25% (leve degradación) 2= 25-50% (moderada degradación) 3= 50-75% (alta degradación) 4= 75-100% (excesiva degradación)
Envejecimiento artificial (Interviniente)	Simulación del envejecimiento de los módulos elastómeros a través de ciclos de termociclado.	Ausencia o presencia de envejecimiento (1000 ciclos = 1 mes en boca) - Termociclador	Nominal	1= sin envejecimiento 2= con envejecimiento

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Módulos elastoméricos de las marcas comerciales: American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli®, que son utilizados en tratamientos ortodónticos.

3.4.2. Muestra

Para establecer el tamaño de muestra, se empleó la fórmula estadística de comparación de medias, dado que la variable en estudio es de tipo cuantitativo. Se consideró un nivel de confianza del 95% y una potencia estadística del 80%, este cálculo se realizó con base en los valores de la desviación estándar y la media obtenidos en un estudio previo, considerado el antecedente directo más relevante Shiloh (2020).

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \times (S_1^2 + S_2^2)}{(M_1 - M_2)^2}$$

Donde:

- $Z_{\alpha/2} = 1.96 \rightarrow$ Valor Z para un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).
- $Z_{\beta} = 0.84 \rightarrow$ Valor Z para una potencia estadística del 80% ($\beta = 0.20$).
- $S_1 = 273 \rightarrow$ Desviación estándar basada en el grupo 1 (dato del estudio previo).
- $S_2 = 88 \rightarrow$ Desviación estándar basada en el grupo 2 (dato del estudio previo).
- $M_1 = 2292 \rightarrow$ Media del grupo 1.
- $M_2 = 2509 \rightarrow$ Media del grupo 2.

Se operó la fórmula estadística de comparación de medias, obteniendo un tamaño de muestra mínimo de 15 por grupo, siendo respaldado este resultado por el programa G*Power (versión 3.1.9.7), el cual confirmó un poder estadístico real de 0.807 (Anexo I). Siendo así, un total de 45 módulos elastoméricos, con la finalidad de asegurar la precisión y viabilidad de esta investigación.

Grupo 1: 15 módulos elastoméricos Mini Stick™ Rocky Mountain Orthodontics®.

Grupo 2: 15 módulos elastoméricos Unistick™ American Orthodontics®.

Grupo 3: 15 módulos elastoméricos Dentalastic™ Morelli®.

3.4.3. Unidad de análisis

Un módulo elastomérico usado para el presente proyecto de investigación.

3.4.4. Muestreo

No probabilístico, por conveniencia.

3.4.5. Criterios de selección

3.4.5.1. Criterios de inclusión. Se tomó en cuenta los siguientes criterios para el presente estudio.

- Módulos elastoméricos nuevos en paquetes sellados
- Módulos elastoméricos en perfecto estado de almacenamiento.
- Módulos elastoméricos con fecha de caducidad similar.

3.4.5.2. Criterios de exclusión. De la misma forma, se tomó los siguientes criterios para la exclusión.

- Módulos elastoméricos en paquetes abiertos, alterados o vencidos.
- Módulos elastoméricos que no se estén en buen estado de almacenamiento.
- Módulos elastoméricos que sean de marcas distintas a las seleccionadas.

3.5. Instrumentos

Para el presente estudio, se usó un pie de rey digital Mitumoyo® -200 mm (serie B23082834), para seleccionar los pines de acero de 4mm cada uno, simulando el módulo elastomérico fijado en un bracket de un incisivo central superior (Tarazona, 2024).

Una máquina digital de ensayos universales uniaxial LG®, modelo CMT-5L (serie 7419), para medir las fuerzas antes y después del envejecimiento de cada individuo, mediante el ensayo de tracción según el ISO 21606:2022 (Anexo C).

Un termociclador con un controlador Siemens®, con el cual se programó 1000 ciclos, los cuales simulan un mes en la cavidad bucal. A su vez se dispuso del termómetro infrarrojo Mestek – IR02B, para controlar las temperaturas de 5°C, 37°C y 55°C, simulando las condiciones bucales a los que fueron sometidos estos módulos elastoméricos (Xie et al., 2010).

Además, se usó la ficha de recopilación de datos de Miranda (2021), modificada por la investigadora con el fin de poder recolectar los datos necesarios para el análisis (Anexo B).

3.6. Procedimientos

Para llevar a cabo este estudio se solicitó a la Oficina de Grados y Títulos, una carta de presentación, con el fin de realizar el presente estudio experimental en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate S.A.C. – sede San Juan de Lurigancho. Siendo que, en cuanto se obtuvo el permiso, se procedió a llevar a cabo la investigación (Anexo D).

3.6.1. Obtención de muestras

Antes de comenzar con el proceso de experimentación, se solicitaron las muestras a las casas dentales, solicitando que cada uno de los paquetes cumpliera con los criterios de inclusión. Siendo que, en todas las marcas, American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli®; se esperó el periodo de 1 día hábil para la entrega de los mismos.

3.6.2. Selección de pines de acero

Primeramente, solicité al jefe del laboratorio HTL, el instrumento para poder medir los pines y escoger cuales se usarían, para ello, se me brindó un pie de rey digital Mitumoyo® - 200 mm (serie B23082834), ya calibrado (Anexo H).

Siendo así, procedí a medir los pines de acero, seleccionando 3 de ellos que medían 4mm cada uno, ya que esta medida es similar a un módulo elastomérico colocado en un bracket de un incisivo central superior (Tarazona, 2024). Ya habiendo seleccionado mis pines procedí a ordenar mi mesa de trabajo para iniciar con la ejecución del mismo.

3.6.3. Distribución y rotulación de las muestras

Ya habiendo ordenado la mesa de trabajo, procedí a anotar de los paquetes de los módulos elastoméricos, en la ficha de recolección de datos, la información más importante de cada una de las marcas (marca, lote, grupo, color y fecha). Para esto, se distribuyó las muestras en grupos, los cuales estuvieron conformados por el grupo 1 con 15 módulos elastoméricos Mini Stick™ Rocky Mountain Orthodontics® (lote: 128600), color celeste; el grupo 2 con 15 módulos elastoméricos Unistick™ American Orthodontics® (lote: P0477415), color azul y por último el grupo 3 con 15 módulos elastoméricos Dentalastic™ Morelli® (lote: 3041929), color plateado.

Luego de ello, procedí a abrir los empaques y rotular las muestras, siendo que cada módulo se retiró del cuerpo de la llave en la que venía con ayuda de una pinza Mathieu y se colocó sobre el campo descartable y con ayuda de un plumón indeleble delgado, se colocó un número debajo de cada una, para poder tener un mejor control de las muestras y la medida de fuerzas.

3.6.4. Ejecución del estudio

Para iniciar el presente estudio de investigación, se empleó la máquina digital de ensayos universales uniaxial LG®, modelo CMT-5L con una aproximación de 0.001 N, previamente calibrada (Anexo H).

Primero se procedió a evaluar la fuerza inicial de cada uno de los módulos elastoméricos por marcas, mediante el ensayo de tracción, cuyas muestras se extendieron desde una longitud inicial de 1mm a una longitud final de 5mm, siendo que se deformaron 4mm a una tasa de 100mm/min, según el ISO 21606:2022 (Anexo C)

De modo que, la primera medición se realizó antes de insertar los módulos elastoméricos en los pines de acero, cuyos datos se registraron a través del software de la máquina, guardando los datos en la memoria del programa, los cuales al terminar la primera medida procedí a transcribirlos a la ficha de recolección de datos, en la columna antes del

envejecimiento. A su vez, luego de medir módulo por módulo se procedió a introducir uno por uno en cada uno de los pines, separándolos por colores y número de muestra. Ya habiendo culminado la colocación de las muestras en los 3 pines, se procedió a llevarlo a la bandeja del termociclador, el cual se programó con el controlador Siemens®, en 1000 ciclos, los cuales simulan un mes en la cavidad bucal. A su vez se dispuso del termómetro infrarrojo Mestek – IR02B, el cual alternó las temperaturas entre 5°C y 55°C, teniendo un tiempo de reposo de 10 segundos en 37°C, simulando las condiciones bucales a los que se ven sometidos estos módulos elastoméricos (Xie et al., 2010).

Finalmente, y ya habiendo culminado el proceso de envejecimiento artificial, se procedió a llevar los pines a la mesa de trabajo, para retirar los módulos elastoméricos de forma ordenada. Y con ayuda de una pinza Mathieu, se procedió a colocar nuevamente en los ganchos de la Máquina Digital de Ensayos Universales Uniaxial LG®, de uno en uno cada módulo, y culminada la medición de las fuerzas, procedí a transcribirlos a la ficha de recolección de datos, pero esta vez en la columna post envejecimiento.

Por otro lado, para obtener la fuerza final y poder evaluar la degradación de las fuerzas de los módulos elastoméricos. Se procedió a realizar la evaluación de los datos obtenidos de la degradación de las fuerzas, y se optó por utilizar los datos en Newton (N), para llevar un análisis estadístico más sencillo de interpretar.

3.7. Análisis de datos

Se creó una base de datos en el programa Excel v.2019 y se empleó IBM SPSS v.26 para analizar los datos recolectados. Para el análisis estadístico de esta investigación, se empleó técnicas descriptivas y comparativas con el objetivo de evaluar la degradación de la fuerza en los módulos elastoméricos antes y después del envejecimiento in vitro. Inicialmente, se calculó medidas descriptivas como la media, desviación estándar, intervalo de confianza, mínimos y máximos.

Para el análisis inferencial se evaluó los supuestos estadísticos, encontrando distribución normal en todos los grupos según la prueba de Shapiro Wilk ($p > 0,05$) y sin hallar homogeneidad según la prueba de Levene ($p < 0,05$). Optando por pruebas paramétricas reforzadas como la prueba T de Student – Welch y correlación de Pearson, para muestras relacionadas para la comparación de las fuerzas antes y después del envejecimiento. Para la comparación entre diferentes marcas comerciales en múltiples puntos de medición, se utiliza la prueba de ANOVA-Welch de una vía, complementado con la prueba de Tamhane T2 para comparaciones post-hoc.

3.8. Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental in vitro, lo cual, no implica precisar un consentimiento informado para la experimentación del mismo. A su vez, el trabajo fue enviado y revisado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, previo a su experimentación. Por otro lado, la autora declara no tener ningún tipo de conflicto de interés, manteniendo la objetividad del estudio.

IV. RESULTADOS

El presente trabajo evaluó la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos (Rocky Mountain Orthodontics®, American Orthodontics®, Morelli®) de poliuretano antes y después del envejecimiento (1000 ciclos). El estudio fue de tipo experimental in vitro, considerando un total de 45 muestras de módulos elastoméricos, divididos en tres grupos (n=15 por grupo).

Para su análisis se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial. Para esto se comprobó los supuestos estadísticos, encontrando distribución normal en todos los grupos (Shapiro Wilk: $p > 0,05$) y sin hallar homogeneidad (Levene: $p < 0,05$). Presentando cada resultado en las siguientes tablas y figuras para una mejor interpretación.

Tabla 1

Degradación de fuerza de los módulos elastoméricos ortodónticos antes y después del envejecimiento artificial

Degradación de la fuerza								
Módulos	Envejecimiento	n	Media	DE	P*	P**	P***	R
Rocky Mountain®	Antes	15	3,31	0,43	0,536	0,00	0,559	-0.164
	Después		0,18	0,52	0,111			
American Orthodontics®	Antes	15	3,11	0,16	0,461	0,00	0,755	0,255
	Después		0,17	0,03	0,288			
Morelli®	Antes	15	2,49	0,43	0,775	0,00	0,948	0,018
	Después		0,36	0,09	0,985			

Nota. P* Shapiro Wilk, P** T de Student – Welch para muestras relacionadas (Homogeneidad de Levene: $p < 0,05$). P*** Correlación de Pearson. La tabla presenta una diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza antes y después del envejecimiento ($p < 0.05$), lo

que confirma una degradación sustancial de la fuerza ejercida por los módulos elastoméricos. En todos los casos, se observó una correlación débil o nula, sin significancia estadística ($p > 0.05$), lo que indica que la fuerza después del envejecimiento no depende directamente del valor de fuerza inicial. Esta ausencia de asociación lineal sugiere que la pérdida de fuerza ocurre de manera independiente y podría estar determinada por otros factores intrínsecos al material.

Figura 1

Degradación de fuerza de los módulos elastoméricos ortodónticos antes y después del envejecimiento artificial

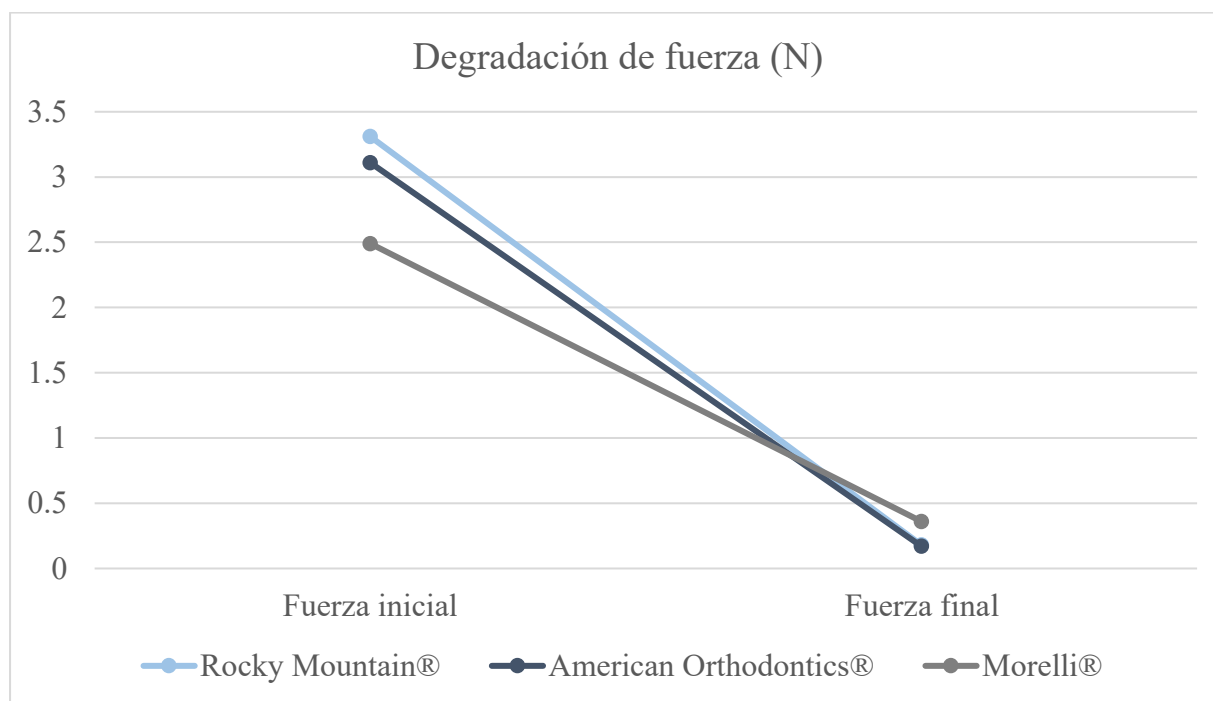


Tabla 2

Comparación de la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos ortodónticos de tres marcas antes y después del envejecimiento artificial

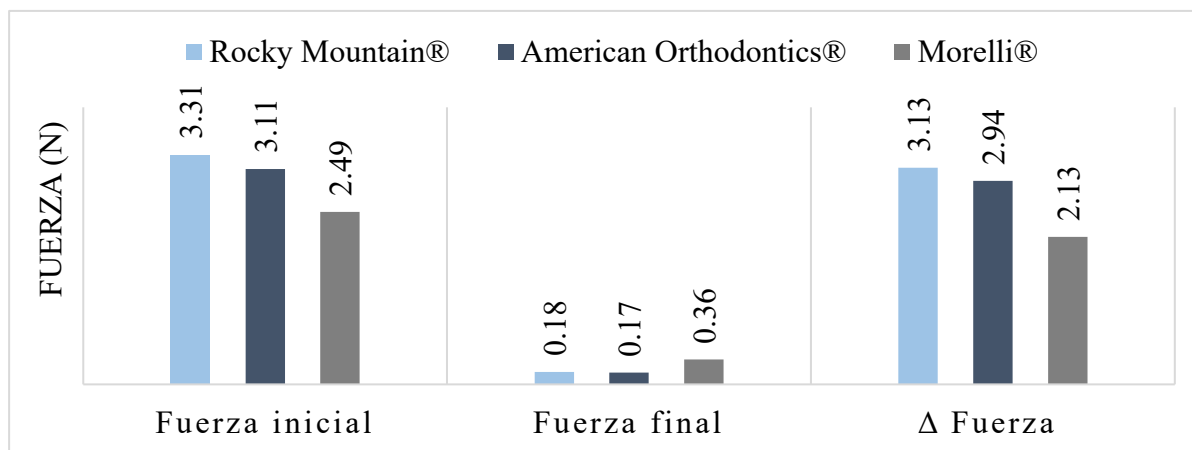
Degradación de la Fuerza			Int. Confianza 95%				
Módulos	Envejecimiento	n	Media ±DE	L. inf.	L. sup.	P*	
Fuerza	Rocky Mountain®	15	3,31 0,43	3,074	3,546	0,00	A

inicial	American Orthod. ®	15	3,11	0,16	3,018	3,195		A
(N)	Morelli®	15	2,49	0,43	2,450	2,537		B
Fuerza	Rocky Mountain®	15	0,18	0,52	0,148	0,206	0,00	A
final	American Orthod. ®	15	0,17	0,03	0,153	0,185		A
(N)	Morelli®	15	0,36	0,09	0,312	0,409		B
Δ Fuerza	Rocky Mountain®	15	3,13	0,44	2,890	3,375	0,00	A
(N)	American Orthod. ®	15	2,94	0,16	2,850	3,026		A
	Morelli®	15	2,13	0,12	2,068	2,197		B

Nota. P* ANOVA – Welch (Homogeneidad de Levene: $p < 0,05$), con análisis post hoc de Tamhane T2 (letras diferentes indican diferencias significativas). Se presenta que, para la fuerza inicial, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las marcas ($p < 0,05$), donde Rocky Mountain® y American Orthodontics® presentaron valores similares y significativamente mayores que Morelli®. Después del envejecimiento, Morelli® conservó una mayor fuerza remanente en comparación con las otras dos marcas ($p < 0,05$). En cuanto a la pérdida de fuerza (Δ Fuerza), Rocky Mountain® y American Orthodontics® mostraron una mayor degradación que Morelli®, con ($p < 0,05$).

Figura 2

Comparación de la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de tres marcas antes y después del envejecimiento artificial

**Tabla 3**

Fuerza promedio inicial, fuerza final y pérdida porcentual por marca de módulos elastomérico

Módulo elastomérico	Fuerza inicial (N)	Fuerza final (N)	Δ Fuerza (N)	% Perdida
Rocky Mountain®	3.31	0.18	3.13	94.56 %
American Orthodontics®	3.11	0.17	2.94	94.53 %
Morelli®	2.49	0.36	2.13	85.54 %

Nota. La tabla muestra la fuerza promedio inicial y final, así como la pérdida absoluta y porcentual de los módulos elastoméricos ortodónticos evaluados tras el envejecimiento artificial. Se observa que los módulos Rocky Mountain® y American Orthodontics® presentaron una degradación de fuerza similar, superior al 94 %, mientras que Morelli® mostró una pérdida del 85.54 %. Esto indica que, aunque todos los módulos pierden significativamente su fuerza con el tiempo, la magnitud de dicha degradación varía según la marca.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la actualidad, la maloclusión dental representa una de las condiciones más comunes encontradas en la práctica odontológica, la cual compromete tanto la funcionabilidad como la estética en los pacientes. Sin embargo, la ortodoncia se ha establecido como la mejor alternativa de tratamiento, ya que busca corregir estas irregularidades, siendo el alineamiento y nivelación dental el objetivo principal, especialmente al inicio del tratamiento.

En este proceso, juegan un papel fundamental, los módulos elastoméricos, siendo que estos anillos fabricados de poliuretano se encargan de fijar el alambre dentro del slot del bracket, permitiendo la correcta transmisión de las fuerzas para mover los dientes. Sin embargo, debido a su composición elástica, están expuestas al desgaste provocado por factores mecánicos y térmicos. Por ello, analizar su comportamiento bajo condiciones similares a las del entorno bucal es fundamental para garantizar la estabilidad y eficiencia del tratamiento ortodóntico.

Por tal motivo, el presente trabajo buscó evaluar la degradación de fuerza en los módulos elastoméricos de poliuretano de tres marcas comerciales (Rocky Mountain Orthodontics®, American Orthodontics® y Morelli®) antes y después de ser sometidos a un proceso de envejecimiento artificial mediante termociclado (1000 ciclos entre 5°C y 55°C). Los resultados evidenciaron que todas las marcas experimentaron una pérdida significativa de fuerza tras el envejecimiento ($p > 0.05$). Siendo que, la marca Rocky Mountain® mostró una fuerza inicial promedio de 3.31 N y final de 0.18 N, con una degradación de fuerza del 94.56 %. Asimismo, American Orthodontics® presentó un comportamiento similar, con una pérdida del 94.53 %, mientras que Morelli®, aunque partió de una fuerza inicial menor de 2.49 N, conservó una mayor fuerza remanente de 0.36 N, registrando una degradación del 85.54 %. Esto coincide con Contreras (2016), quien señaló que los módulos de Morelli® tienen una resistencia superior frente a factores ambientales.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan parcialmente con los presentados en el estudio de Ebrahimi et al. (2024) donde la muestra más semejante fue el grupo de módulos elastoméricos colocados en forma de ligadura O-ring en un ángulo de 0° , donde la fuerza inicial fue de $6.78 \pm 1.75\text{N}$ y la final de $5.54 \pm 0.35\text{N}$. Los resultados obtenidos en este estudio muestran una degradación de la fuerza del 18.29% frente a la degradación de fuerzas de las muestras elegidas donde la menor degradación fue de la marca Morelli® (85.54%), siendo esta significativamente más alta que la observada en el estudio mencionado. Si bien, ambos estudios coinciden en que los módulos elastoméricos perdieron su fuerza en un periodo de 30 días, la diferencia en los porcentajes podría estar relacionada con las marcas usadas y/o las condiciones de las pruebas realizadas, mientras que unas fueron sometidas a un proceso de envejecimiento por inmersión; en nuestro estudio se empleó el uso de termociclado (1000 ciclos = 30 días), el cual nos permitió replicar las condiciones bucales de una forma más precisa.

Asimismo, estudios como los de Torres et al. (2023) y Miranda (2021), difieren parcialmente de nuestros resultados, si bien, en ambos se encontró una disminución significativa de la fuerza de los módulos elastoméricos tipo cadena, nuestro estudio se desarrolló con módulos individuales. Sin embargo, las pérdidas de fuerza en ambos casos fueron menores (<70%) en comparación a los nuestros. Esta discrepancia puede deberse a diferencias en la metodología, específicamente en el tipo de módulos utilizados y el protocolo de envejecimiento, siendo que ellos emplearon la inmersión en las diferentes sustancias.

En concordancia con los hallazgos de Viridi et al. (2024), se observó que el material Plastic Chain™ (American Orthodontics®) presentó una degradación de 67.84%, y Elastic Chain™ (Morelli®) mostró una pérdida de 62.4% en su estudio in vitro. Aunque ambos estudios emplean materiales de la misma marca American Orthodontics® y Morelli®, hay algunas diferencias notables en los porcentajes de pérdida de fuerza observados. En nuestro

estudio, se observó que los módulos elastoméricos de American Orthodontics® presentaron una pérdida de fuerza mayor al 90%, mientras que Morelli® tuvo una pérdida menor porcentual. Una posible razón para esta diferencia podría ser la naturaleza de los experimentos, ya que en Viridi et al. (2024) sometieron las cadenas a saliva artificial, enjuague con flúor y movimiento dental simulado, mientras que en nuestro trabajo el uso del termociclado podría haber acelerado la degradación en los materiales.

En comparación con el estudio de Tenorio (2021), encontramos concordancias parciales, ya que en su estudio se evaluó la degradación de fuerzas en elásticos ortodónticos intermaxilares expuestos a cargas cíclicas durante 24 horas, con ciclos de estiramiento entre 19.05 mm y 24.7 mm/min. La pérdida de fuerza en los elásticos fue notable, pero no tan drástica como en nuestro estudio. Dentsply mostró una pérdida de fuerza de 2.25 N (de 10.9 N a 9.65 N), Ormco de 1.14 N y Orthodontic GyH de 1.71 N. Mientras que, la pérdida de fuerza en este estudio fue mucho más pronunciada, de más de 3 N en los módulos elastoméricos de Rocky Mountain Orthodontics® y American Orthodontics® (de 3.31 N a 0.18 N). Podemos resaltar que en ese estudio los elásticos fueron sometidos a estiramientos cíclicos bajo temperaturas controladas, mientras que, en nuestro estudio, los módulos elastoméricos fueron sometidos a ciclos térmicos extremos, lo que debería ser considerado en el diseño de futuros estudios clínicos y experimentales.

El estudio realizado por Shiloh (2020), evaluó si la resistencia a la tracción de los módulos elastoméricos se veía afectada por el tamaño del bracket, comparando brackets grandes y pequeños. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los brackets de diferentes tamaños ($p = 0.1081$), aunque se observó que la presencia de saliva artificial redujo significativamente la resistencia a la tracción máxima de los módulos elastoméricos ($p < 0.0001$). Si bien, la degradación de la fuerza en nuestro estudio fue mucho mayor, esto sugiere que el efecto de las condiciones térmicas del termociclado puede haber

tenido un impacto mucho más significativo sobre la integridad de los módulos elastoméricos en comparación con el simple estiramiento o el tamaño del bracket.

Otros estudios, como el de Ebrahiminik et al. (2021) incluyeron el uso de desinfectantes usados para la cavidad oral. Ellos investigaron cómo la Povidona Yodada (PVP-I), Clorhexidina y Peróxido de Hidrógeno afectaban la resistencia de los módulos elastoméricos de American Orthodontics®. Se encontró concordancias parciales entre sus resultados y los nuestros, al presentar una disminución significativa de la fuerza de tracción entre el primer día y el día 28. A pesar que en su metodología las muestras fueron sometidas al envejecimiento por inmersión, sus resultados fueron semejantes atribuyendo la exposición al PVP-I como factor en la degradación de fuerzas. Este estudio resalta la importancia de considerar el efecto de productos comunes en la cavidad bucal sobre los materiales ortodónticos, aunque no fueron parte del protocolo experimental de nuestro estudio.

Según Aguilar et al. (2024), Herrera (2023) y Pacheco (2022), presentaron resultados concordantes con nuestro estudio, frente a la degradación de fuerzas. Sin embargo, su población estuvo compuesta por elásticos intermaxilares y su metodología fue mediante la inmersión de las muestras en colutorios de diferentes concentraciones. Sin embargo, concluyeron que la clorhexidina podría generar una disminución de la fuerza más significativa en los elásticos sintéticos.

Es importante destacar que, aunque todas las marcas mostraron diferencias estadísticamente significativas entre la fuerza inicial y final, no se observó una correlación lineal directa entre ambas variables. Esto podría deberse a que factores intrínsecos del material (como la composición química o la presencia de aditivos) siendo que estos, juegan un rol determinante en su resistencia a la degradación de fuerzas (Shiloh, 2020).

Por otro lado, mencionar que el presente estudio se realizó bajo parámetros detallados en la metodología como fue la selección de muestras homogéneas, las cuales cumplieron con

los criterios de selección, al mismo tiempo se usó una metodología estandarizada según el ISO 21606:2022, para el ensayo de tracción de fuerzas. Además, en el presente estudio se usó el termociclador, ya que es ampliamente usado para investigaciones odontológicas y sobre todo en estudios de materiales dentales debido a su capacidad para simular las fluctuaciones térmicas que ocurren en la cavidad bucal. En el contexto de la boca humana, los dientes y los materiales dentales están sujetos a cambios de temperatura que ocurren debido a la ingesta de alimentos y bebidas frías o calientes. Al replicar este fenómeno mediante el termociclado, se mejora la relevancia y precisión de los experimentos, ya que el comportamiento de los materiales probados se acerca más a lo que ocurre en condiciones reales.

A pesar de ello, este trabajo de investigación también contó con limitantes como el tamaño de muestra y la selección de solo 3 marcas comerciales, siendo que existen gran cantidad de ellas en el mercado peruano. Otra de las limitantes fue, las condiciones in vitro, ya que, al realizarse exclusivamente en laboratorio, los resultados podrían no reflejar completamente las condiciones reales en la cavidad bucal, donde intervienen factores biológicos más complejos. Por último, solo se evaluó 2 momentos de tiempo, uno inicial y otro final, siendo que se podrían programar en diferentes ciclos con la finalidad de verificar hasta que momento se mantiene la fuerza deseada.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Todos los módulos elastoméricos evaluados presentaron una degradación significativa de la fuerza tras el envejecimiento artificial (1000 ciclos de termociclado entre 5 °C y 55 °C), con diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y finales en cada grupo ($p < 0.05$), lo que demuestra que el factor térmico afecta directamente sus propiedades mecánicas.

6.2. Los módulos de la marca American Orthodontics® mostraron una fuerza inicial de 3.11 N y una fuerza final de 0.17 N, lo que representa una pérdida significativa de 94.53%.

6.3. Los módulos de Rocky Mountain® presentaron una fuerza inicial de 3.31 N y una fuerza final de 0.18 N, representando una excesiva degradación del 94.56%, siendo la marca con mayor pérdida de fuerza del estudio.

6.4. Los módulos de Rocky Mountain® presentaron la mayor fuerza inicial (3.31 N), seguida por American Orthodontics® (3.11 N) y Morelli® (2.49 N). Estas diferencias iniciales en las fuerzas pueden ser atribuibles a características intrínsecas del material.

6.5. Después del envejecimiento artificial, la fuerza final fue similar para Rocky Mountain® (0.18 N) y American Orthodontics® (0.17 N), mientras que Morelli® mostró la mayor fuerza residual (0.36 N), siendo Morelli®, el módulo que retiene mejor su fuerza en condiciones térmicas extremas.

6.7. La degradación de fuerza fue considerablemente alta en todas las marcas analizadas, siendo Rocky Mountain® la que experimentó la mayor degradación (94.56%), seguida por American Orthodontics® (94.53%). La menor degradación fue presentada por Morelli® (85.54%), lo cual la posiciona como la opción relativamente más estable a largo plazo. Estos hallazgos confirman la necesidad de elegir cuidadosamente los módulos considerando no solo la fuerza inicial requerida, sino también la capacidad para mantener dicha fuerza en las condiciones reales.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Dado el alto grado de degradación de fuerza observado (>85 %), se recomienda al profesional reemplazar los módulos elastoméricos en cada cita de control ortodóntico, idealmente cada 3 a 4 semanas, para asegurar una adecuada retención del arco y efectividad del tratamiento.

7.2. Realizar estudios evaluando otras propiedades de los módulos elastoméricos con una mayor diversidad de marcas y considerar si el color del módulo influye en la resistencia a la tracción, como sugieren algunos antecedentes.

7.3. Realizar estudios comparativos de las variaciones en los ciclos, con el objetivo de evaluar la eficacia funcional de los módulos elastoméricos en el tiempo y determinar el momento más óptimo para su recambio.

7.4. Realizar investigaciones evaluando los módulos elastoméricos in vivo, para evaluar de manera más completa el comportamiento de los módulos en boca.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilar, A., Osorio, P., & Rojas, A. (2024). *Degradación de fuerzas de elásticos intermaxilares expuestos a colutorios con clorhexidina al 0,05% y 0,12%*. [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/15858>
- Ajami, S., Farjood, A., & Zare, M. (2017). Synergic effect of salivary pH baselines and low pH intakes on the force relaxation of orthodontic latex elastics. *Dental Research Journal*, 14(1), 68–72. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.201129>
- American Orthodontics. (23 de mayo de 2019a). *About Us*. American Orthodontics. <https://www.americanortho.com/about-us/>
- American Orthodontics. (23 de mayo de 2019b). *Colored Ligatures Elastomerics*. American Orthodontics. <https://www.americanortho.com/products/elastomerics/colored-ligatures-elastomerics/>
- American Orthodontics. (23 de mayo de 2019c). *Our Products*. American Orthodontics. <https://www.americanortho.com/products/>
- American Orthodontics. (marzo de 2025). *Elastomerics*. American Orthodontics [Catálogo]. Lintra. <https://www.americanortho.com/assets/Uploads/ProductDocs/LINTRA-03-Elastomerics-DOC.pdf>
- Angle, E. (1907). *Treatment of Malocclusion of the Teeth: Angle's System*. White Dental Manufacturing Company.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (3ª ed.). Pearson.
- Capetillo, G. & Roesch, L. (2023). *Investigación en Odontología*. Palibrio.
- Chiguala, F. (2017). *Evaluación de la tensión de ligaduras elastoméricas convencionales y las tratadas con material lubricante (silicona) expuestas a diferentes tipos de bebidas, estudio in vitro*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia].

Repositorio

Institucional

UPCH.

<https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/1534>

Contreras, M. (2016). *Propiedades de los módulos elastoméricos de diferentes marcas comerciales, utilizados en ortodoncia: Estudio comparativo in vitro*. [Tesis de especialidad, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Universitario UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/4f0f151d-d98b-499b-bc61-cc53d8ce861f/content>

Ebrahimi, P., Nastarin, P., Hadilou, M., Karimzadeh, B., & Kachoei, M. (2024). Effect of Elastomeric Module Degradation and Ligation Methods on Kinetic Friction between NiTi or Stainless Steel Wires and Stainless Steel Brackets. *Frontiers in Dentistry*, 21, 10. <https://doi.org/10.18502/fid.v21i10.15222>

Ebrahiminik, Z., Zanganeh, M., Salari, B., Fadaee, N., & Mirshahpanah, M. (2021). In vitro comparison of the tensile strength of elastomeric ligatures exposed to Povidone Iodine 1%, Chlorhexidine 0.02%, and hydrogen peroxide 5. *International Orthodontics*, 19(4), 685–688. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2021.09.009>

Farfán, M., Mattos-Vela, M. & Soldevilla, L. (2017). Degradación de la Fuerza de los Elásticos Intermaxilares de Látex y no Látex. *International journal of odontostomatology*, 11(3), 363–368. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2017000300363>

Herrera, A. (2023). *Degradación de las fuerzas de los elásticos intermaxilares expuestos a dos tipos de colutorios bucales*. [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres].

Repositorio

Académico

USMP.

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/12987>

Ibérica de Ortodoncia. (s.f.). *FLI® Alambres*. <https://www.iberorto.com/productos/sistemas-ortodonticos-fli/fli-alambres>

- Lacerda, R., Pithon, M. & Romanos, M. (2012). The influence of pH levels on mechanical and biological properties of nonlatex and latex elastics. *The Angle Orthodontist*, 82(4), 709–714. <https://doi.org/10.2319/082811-552.1>
- Lerner, H. (1999). Técnicas de combinación en Ortodoncia reseña histórica: Últimos avances. *Acta Odontológica Venezolana*, 37(3), 216–219. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0001-63651999000300038&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Luque, I. (2020). *Degradación de fuerzas in vitro de tres marcas comerciales de cadenas elastoméricas, en saliva artificial*. [Tesis de segunda especialidad, Universidad Continental]. Repositorio institucional de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8418>
- Mendoza, C. (2018). *Degradación de la magnitud de fuerza de elásticos intermaxilares de diferentes marcas, evaluados según el tiempo de uso en ortodoncia: Estudio in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional de la UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/0cbe454e-d642-4236-a262-ad28c70b1570>
- Meseguer, J., Portoles, A. & Martínez–Conesa, E. (2020). Revisión de los principales tipos de elastómeros y ensayos normalizados. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 21(2), 75–95. <https://reviberpol.org/2020/03/01/revision-de-los-principales-tipos-de-elastomeros-y-ensayos-normalizados/>
- Miranda, X. (2021). *Evaluación in vitro de la pérdida de fuerza de los módulos elastoméricos tipo cadena expuestos a bebidas carbonatadas*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74029>

- Morales-Pulachet, E., Lavado-Torres, A. & Quea-Cahuana, E. (2014). Degradación de fuerzas en cadenas elastoméricas de dos marcas diferentes. Estudio in vitro. *KIRU (Lima)*. 11(2), 110–114. <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/Rev-Kiru0/article/view/125>
- Morelli Ortodontia. (s.f.-a). *Elástico Ortodóntico p/ Ligadura*. <https://www.morelli.com.br/loja/loja/elastico-ligadura-modular-sortido---6006118.html>
- Morelli Ortodontia. (s.f.-b). *Morelli Ortodontia—Premiações e Certificados*. <https://www.morelli.com.br/premiacoes-e-certificados.html>
- Orthosur. (s.f.). *Dentalastic Módulo Morelli - Orthosur*. <https://orthosur.pe/producto/dentalastic-modulo-morelli/>
- Pacheco, R. (2022). *Degradación de fuerzas de elásticos intermaxilares de tipo látex y sintéticos*. [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/10208>
- Proffit, W., Fields, H., Larson, B. & Sarver, D. (2019). *Contemporary Orthodontics* (6^a ed.). Elsevier Health Sciences. <https://shop.elsevier.com/books/contemporary-orthodontics/proffit/978-0-323-54387-3>
- Rocky Mountain Orthodontics. (s.f.-a). *Company – RMO Europe*. <https://www.rmoeurope.com/company/?lang=en>
- Rocky Mountain Orthodontics. (s.f.-b). *Energy—Goma de ortodoncia by Rocky Mountain Orthodontics (RMO®)*. <https://www.medicalexpo.es/prod/rocky-mountain-orthodontics-rmo/product-115720-1158901.html>
- Rocky Mountain Orthodontics. (s.f.-c). *J003 series—Ligature orthodontic elastic by Rocky Mountain Orthodontics (RMO®)*. <https://www.medicalexpo.com/prod/rocky-mountain-orthodontics-rmo/product-115720-1081545.html>

- Rocky Mountain Orthodontics. (s.f.-d). *RMO MÉXICO – La máxima calidad posible, desde 1933*. <https://rmo.mx/>
- Romero, B. (2019). *Efecto del tiempo de exposición a la saliva artificial en la magnitud de la fuerza de elásticos intermaxilares estudio in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad Inca Garcilazo de la Vega]. Repositorio UIGV. <https://repositorio.uigv.edu.pe/item/94203611-07a5-4556-91c4-7d512fd466f5>
- Rosales, A. (2023). *Degradación de la magnitud de fuerzas de elásticos intermaxilares de uso ortodóncico, de diferentes casas comerciales. Estudio in vitro*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua]. Repositorio institucional UACH. <https://repositorio.uach.mx/548/>
- Rouillon, J., Vintimilla, S. & Villavicencio, E. (2022). Deformación plástica y elástica entre módulos elastoméricos de tres marcas comerciales en medio ácido. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida*, 6(1), 543–561. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8966403>
- Sfondrini, M. & Scribante, A. (2023). New Materials and Techniques for Orthodontics. *Materials*, 16(5), 1924. <https://doi.org/10.3390/ma16051924>
- Shiloh, G. (2020). *Tensile Strength of Elastomeric Ligature Ties Stretched Over Large and Small Orthodontic Brackets*. [Tesis de maestría, Marquette University]. E-Publications@Marquette. https://epublications.marquette.edu/theses_open/608
- Tarazona, L. (2024). *Evaluación in vitro de la degradación de fuerza en los módulos elastoméricos siliconados expuestos en bebidas energizantes*. [Tesis de especialidad, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional UPCH. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/16473>
- Techdent. (s.f.). *Ligadura Elástica en Módulo Morelli*. <https://techdentcl.kinsta.cloud/producto/ligadura-elastica-en-modulo-morelli/>

- Tenorio, E. (2021). *Degradación de fuerzas en elásticos ortodónticos intermaxilares expuestos a cargas cíclicas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5468>
- Torres-Rosas, R., Torres-Gómez, N., Camero-Leal, J., Jurado, C., López-Ravelo, H. & Argueta-Figueroa, L. (2023). Force decay and elongation of orthodontic elastomeric chains exposed to different beverages common in the diet: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*, 60(3), 413–420. <https://doi.org/10.17219/dmp/148052>
- Uribe, G. (2010). *Fundamentos de odontología: Ortodoncia, teoría y clínica*. (2ª ed.). CIB (Corporación para Investigaciones Biológicas).
- Virdi, G., Prashar, A., Kaur, G., Jabbal, R., Aggarwal, P., Budh, S. & Singh, D. (2024). Force Decay Behavior of Orthodontic Elastomeric Chains in Simulated Oral Conditions. *Cureus*, 16(9). <https://doi.org/10.7759/cureus.69908>
- Vivanco, V. & Peñaherrera, V. (2015). Estudio in vitro de la pérdida de fuerza de módulos estométricos sumergidos de enjuagues bucales. *Odontología*, 17(1), 89–92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5597292>
- Xie, C., Han, Y., Zhao, X., Wang, Z. & He, H. (2010). Microtensile Bond Strength of One- and Two-step Self-etching Adhesives on Sclerotic Dentin: The Effects of Thermocycling. *Operative Dentistry*, 35(5), 547–555. <https://doi.org/10.2341/10-025-L>
- Zhañay, L., Ramos, R., Villavicencio, E. & Ruiz, T. (2020). Deformación elástica y plástica de dos módulos elastoméricos, estudio in vitro. *Evidencias en Odontología Clínica*, 5(2). <https://doi.org/10.35306/eoc.v5i2.786>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MODULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUES DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO				
Problema:	Objetivo General:	Hipótesis:	Variables:	Tipo de estudio:
<p>¿Cuál es la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro?</p>	<p>Evaluar la degradación de fuerza en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics® antes y después del envejecimiento artificial. - Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca Rocky Mountain Orthodontics® antes y después del envejecimiento artificial. 	<p>Existe diferencia significativa en la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento in vitro.</p>	<p><u>Dependiente</u></p> <p>Degradación de fuerzas</p> <p><u>Independiente</u></p> <p>Módulos elastoméricos</p> <p><u>Interviniente</u></p> <p>Envejecimiento artificial</p>	<p>Experimental, prospectivo, longitudinal, comparativo.</p> <p>Población:</p> <p>Módulos elastoméricos de las marcas: American Orthodontics®, Rocky Mountain</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la degradación de fuerza de los módulos elastoméricos de la marca Morelli® antes y después del envejecimiento artificial. - Comparar la fuerza inicial in vitro de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli® antes del envejecimiento artificial. - Comparar la fuerza final in vitro de los módulos elastoméricos de la marca American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli® después del envejecimiento artificial. - Comparar la degradación de las fuerzas in vitro de los módulos elastoméricos de las marcas comerciales American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli®. 			<p>Orthodontics® y Morelli®</p> <p>Tamaño de muestra:</p> <p>45 módulos elastoméricos.</p> <p>Siendo divididos en 3 grupos de 15 módulos elastoméricos por grupo.</p>
--	---	--	--	---

9.2. Anexo B

9.2.1. Instrumento de recolección de datos

Fichas de recolección de datos modificado de Miranda (2021). En donde:

N: Newton, unidad de medida de la fuerza.

Evaluación de la degradación de fuerzas en los módulos elastoméricos de poliuretano antes y después del envejecimiento. In vitro			
Grupo:.....		Color:.....	Fecha:.....
Marca comercial y lote:		Antes del envejecimiento	Después del envejecimiento
		N	N
Número de muestra	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		

9.3. Anexo C

9.3.1. Norma ISO 21606:2022

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
21606

Second edition
2022-08

Dentistry — Elastomeric auxiliaries for use in orthodontics

*Médecine bucco-dentaire — Auxiliaires élastomériques utilisés en
orthodontie*



Reference number
ISO 21606:2022(E)

© ISO 2022

Dentistry — Elastomeric auxiliaries for use in orthodontics

1 Scope

This document specifies the requirements and their test methods applicable to all elastomeric auxiliaries used for orthodontics both inside and outside the mouth, in conjunction with fixed and removable appliances.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3696:1987, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

ISO 1942, *Dentistry — Vocabulary*

ISO 8601-1, *Date and time — Representations for information interchange — Part 1: Basic rules*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 1942 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>

3.1

elastomeric auxiliary

device with elastomeric properties used for transmission of forces including orthodontic *elastics* (3.2), orthodontic *elastomeric chains* (3.4), orthodontic threads, orthodontic *elastomeric ligatures* (3.5) and orthodontic *elastomeric separators* (3.6)

3.2

elastic

intra-oral and extra-oral elastomeric ring used to apply forces to orthodontic devices

3.3

elastomeric thread

elastomeric strand (that can be hollow) of constant cross-section used to apply forces to orthodontic devices

3.4

elastomeric chain

interconnected elastomeric rings or a multi-perforated elastomeric band used to apply forces to orthodontic devices

3.5

elastomeric ligature

elastomeric ring used to retain wires to orthodontic attachments

ISO 21606:2022(E)

3.6

elastomeric separator

elastomeric product used to open interproximal spaces between teeth

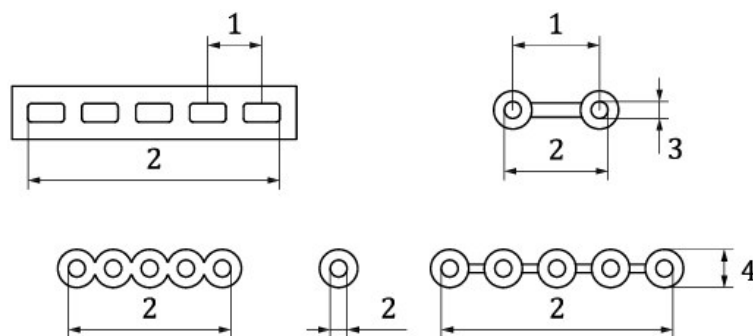
3.7

link length

L

distance between the centres of the holes of adjacent links of *elastomeric chains* (3.4)

Note 1 to entry: See [Figure 1](#).

**Key**

- 1 link length, L
- 2 test length
- 3 inner diameter, D_i
- 4 outer diameter, D_o

Figure 1 — Test dimensions of elastomeric auxiliaries

3.8

test length

length to be tested

Note 1 to entry: The test lengths for different types of elastomeric devices are shown in [Figure 1](#).

Note 2 to entry: The test length for elastomeric chain is five links shown in [Figure 1](#).

Note 3 to entry: The test length for *elastomeric thread* (3.3) is the length necessary to make over a 20-mm loop circumference.

3.9

initial extension force

F_0

force exerted by the elastomeric auxiliary at three times the *test length* (3.8) after initial extension to four times the test length

3.10

24 h residual force

F_{24}

force exerted by the elastomeric auxiliary at three times the *test length* (3.8) at 24 h, after initial extension to four times the test length, and expressed as a percentage of the *initial extension force* (3.9)

3.11 ultimate extension

A
extension at break expressed as a percentage of the *test length* (3.8)

4 Requirements

4.1 General

Table 1 summarizes the requirements to be determined for the different elastomeric auxiliaries covered by this document.

4.2 Dimensions

When determined in accordance with 5.3, the following dimensions of the product shall comply with the ranges stated by the manufacturer:

- a) inner diameter, D_i , of elastomeric elastic, elastomeric chain, elastomeric ligature and elastomeric separator;
- b) outer diameter, D_o , of orthodontic elastomeric thread, chain, ligature and separator;
- c) link length, L , of orthodontic elastomeric chain;
- d) cross-section thickness, t , of orthodontic elastomeric elastic, orthodontic elastomeric chain, orthodontic elastomeric ligature and orthodontic elastomeric separator.

4.3 Mechanical properties

4.3.1 Initial extension force

When determined in accordance with 5.4, the initial extension force, F_0 , shall be within the range stated by the manufacturer.

4.3.2 24 h residual force

When determined in accordance with 5.5, the 24 h residual force, F_{24} , shall be within the range stated by the manufacturer.

4.3.3 Ultimate extension

When determined in accordance with 5.6, the ultimate extension, A , of an elastomeric separator shall be within or exceed the range stated by the manufacturer.

ISO 21606:2022(E)

Table 1 — Summary of requirements

	Inner diameter D_i	Outer diameter D_o	Link length L	Cross-section thickness t	Initial extension force F_0	24 h residual force F_{24}	Ultimate extension A
elastic	x			x	x	x	
elastomeric thread		x			x	x	
elastomeric chain	x	x	x	x	x	x	
elastomeric ligature	x	x		x	x	x	
elastomeric separator	x	x		x	x	x	x
Key x : requirement to be determined							

5 Test methods

5.1 Sampling

All tests described in this document are type tests. Type tests shall be made on 10 specimens selected at random from the same batch for retail sale. Each specimen shall be tested. When a test specimen breaks during testing, the specimen is considered to have failed the test. When the values for all 10 tested specimens are within the manufacturer's stated range of 6.1 c), the material is deemed to have complied with the requirements defined in Clause 4.

5.2 Ambient conditions

Force determinations shall be conducted at a temperature of (23 ± 2) °C and relative humidity of (50 ± 10) % (unless otherwise stated, as in 5.5.2).

5.3 Dimensions

5.3.1 Apparatus

Measuring device, with an accuracy of 0,01 mm (e.g. callipers, micrometer, optical comparator or other devices).

5.3.2 Procedure

Measure the dimensions required on each sample.

5.4 Initial extension force, F_0

5.4.1 Apparatus

5.4.1.1 Tensile testing machine, capable of a crosshead rate of (100 ± 10) mm/min and an accuracy of 0,1 % for force and 0,1 mm for extension.

5.4.1.2 Test apparatus, that incorporates two half-rods or rods that are parallel to each other and normal to the direction of the force. The radii of the half-rods shall be 0,5 mm for samples with an

9.4. Anexo D

9.4.1. Carta de presentación dirigida al jefe del laboratorio HTL

 <p>Universidad Nacional Federico Villarreal</p>	<p>FACULTAD DE ODONTOLOGÍA</p>
<p><i>"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"</i></p> <hr/> <p>OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO</p>	
<p>Pueblo Libre, 25 de junio de 2025</p>	
<p>ING. ROBERT EUSEBIO TEHERAN JEFE DE LABORATORIO HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC Presente.-</p>	
<p>De mi especial consideración:</p>	
<p>Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología, Srta. Eliana Isley Chileno Cuya quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:</p>	
<p>«EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MODULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUES DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO»</p>	
<p>En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Chileno quien realizará el siguiente trabajo:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Requerirá de un ensayo de tracción para evaluar la degradación de fuerzas, y el acondicionamiento de las muestras en el termociclador para simular el envejecimiento de las mismas.</i> ✓ <i>A su vez, se recopilarán los resultados obtenidos y se anotarán en la ficha de recolección de datos para su análisis estadístico.</i> 	
<p>Estas actividades, le permitirán al bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.</p>	
<p>Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.</p>	
<p>Atentamente</p>	
 <p>Dr. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN DECANO</p>	 <p>Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA JEFE OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO FACULTAD DE ODONTOLOGÍA</p>
<p>Se adjunta: Plan de Tesis - folios (49)</p> <p>053-2025 NT: 047964 - 2025</p> <p>JEMM/Luz V.</p>	
 <p>ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN JEFE DE LABORATORIO</p>	
<p>Calle San Marcos N° 351 - Pueblo Libre - Corren electrónico: nat.fo@unfv.edu.pe</p>	
<p>Telef.: 7480888 - 8335</p>	

9.5. Anexo E

9.5.1. Constancia de ejecución del estudio



CONSTANCIA DE EJECUCIÓN 017-2025

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo a nombre del laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C; así mismo comunicarle la ejecución del proyecto de investigación denominado **“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MODULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUES DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO”**. que realizó la Srta.:

- Eliana Isley Chileno Cuya DNI: 71619290

De la facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal.




Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados.

Lima, 17 de Julio del 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Robert Nick Eusebio Teheran', written over a horizontal line.

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran

Jefe de Laboratorio

 997 123 584 / 949 059 602
 laboratoriomec@ensayoshtl.pe
 Jr. Nepentas 364, San Juan de Lurigancho - Lima

9.6. Anexo F

9.6.1. Imágenes de la ejecución del estudio

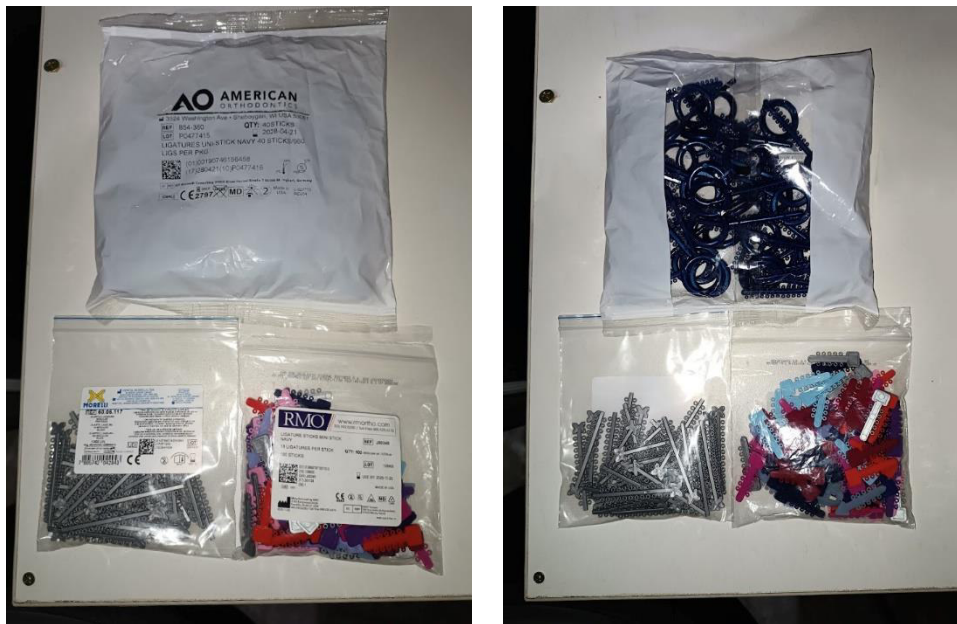


Imagen 1: Obtención de las muestras American Orthodontics®, Rocky Mountain Orthodontics® y Morelli®, para el trabajo de investigación. Verificando que las muestras se encontraban en perfecto estado de conservación, sellados y dentro de la fecha de vencimiento.



Imagen 2: Selección de pines de acero con ayuda de pie de rey digital Mitumoyo® - 200mm. Se procedió a medir cada uno de los pines de diámetro 4mm. Según los grupos de trabajo del estudio.



Imagen 3: Materiales usados para el presente estudio: el grupo 1 con 15 módulos elásticos Mini Stick™ Rocky Mountain Orthodontics® (lote: 128600), color celeste; el grupo 2 con 15 módulos elásticos Unistick™ American Orthodontics® (lote: P0477415), color azul y por último el grupo 3 con 15 módulos elásticos Dentalastic™ Morelli® (lote: 3041929), color plateado.

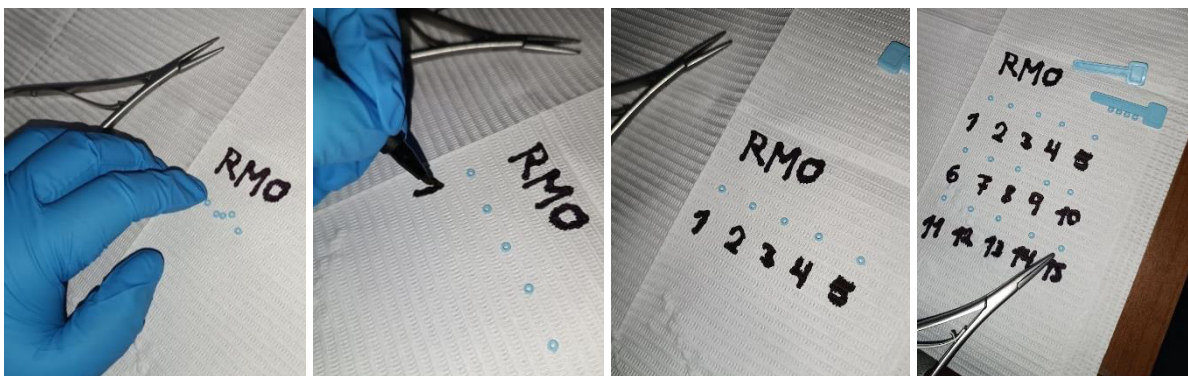


Imagen 4: Desglosamiento de los módulos elásticos Mini Stick™ Rocky Mountain Orthodontics® de sus cuerpos en forma de llave con pinza Mathieu y rotulación de los mismos.

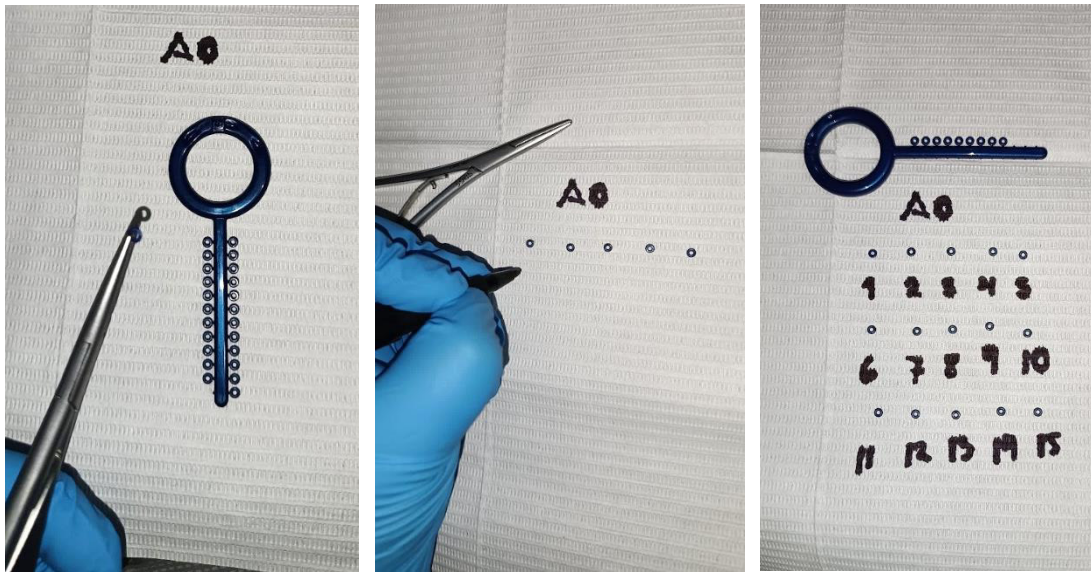


Imagen 5: Desglosamiento de los módulos elastoméricos Unistick™ American Orthodontics® de sus cuerpos en forma de llave con pinza Mathieu y rotulación de los mismos.

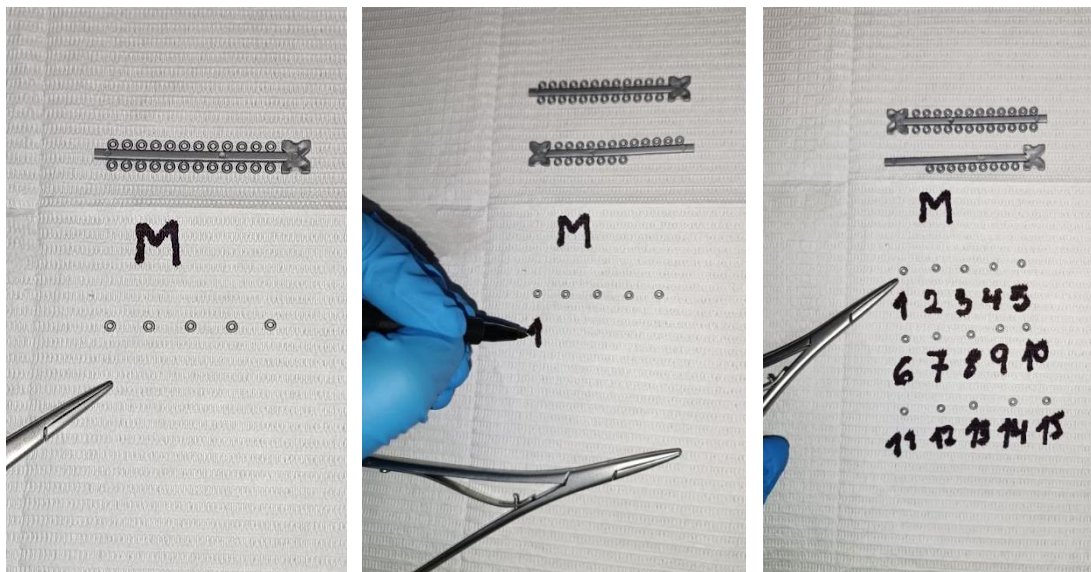


Imagen 6: Desglosamiento de los módulos elastoméricos Dentalastic™ Morelli® de sus cuerpos en forma de llave con pinza Mathieu y rotulación de los mismos.

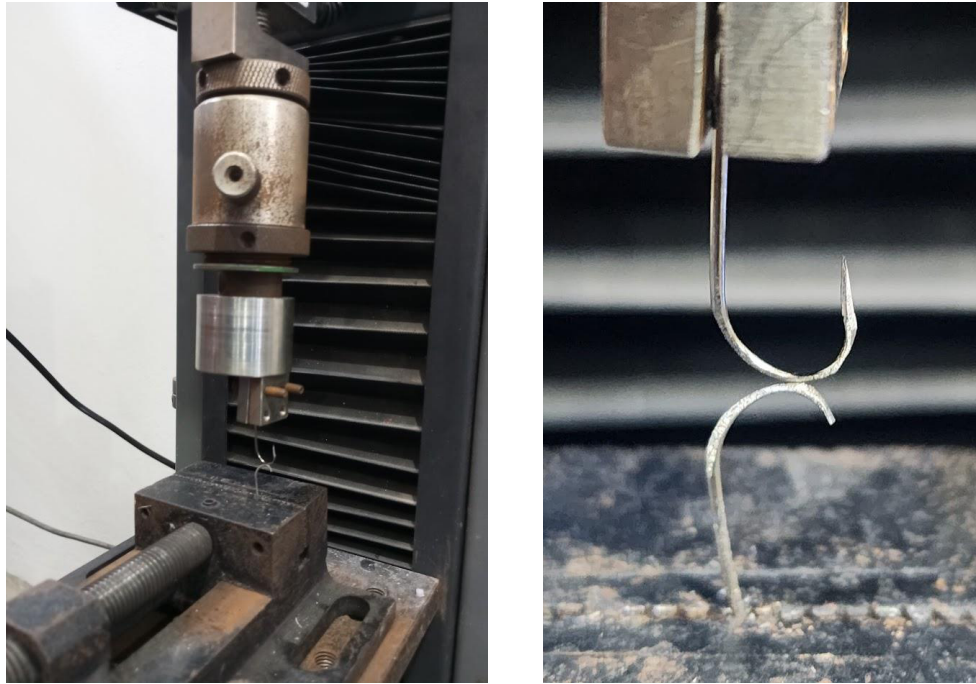


Imagen 7: Instrumento para la prueba de tracción: se empleó la máquina de Ensayo Universal Uniaxial LG®, Modelo CMT-5L, de la empresa High Technology Laboratory Certificate S.A.C.

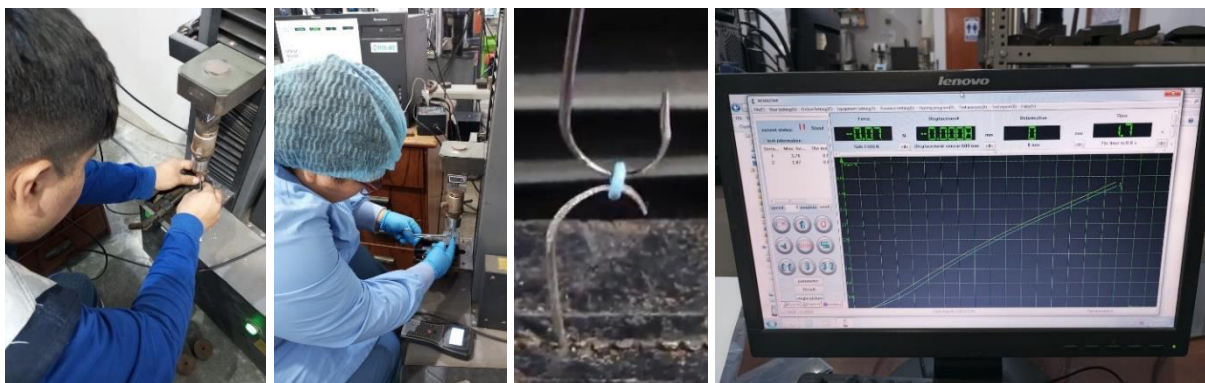


Imagen 8: Para la prueba de tracción se procedió a colocar módulo por módulo según el grupo de trabajo en los ganchos de la máquina, siendo que el personal autorizado se encargó de manipular las máquinas para la prueba respectiva.



Imagen 9: Prueba de tracción antes del envejecimiento de los módulos elastoméricos Rocky Mountain Orthodontics®, American Orthodontics®, y Morelli® respectivamente.

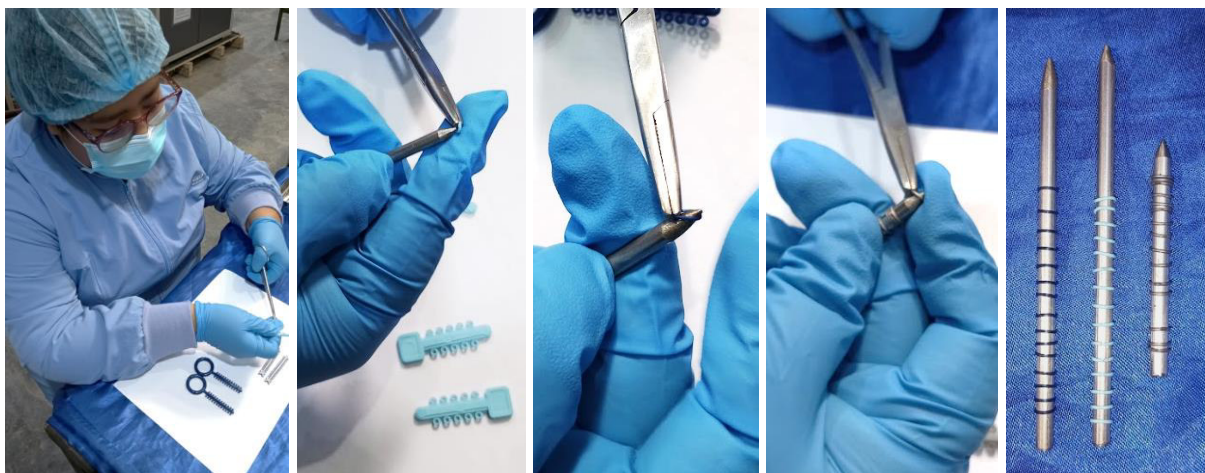


Imagen 10: Acabada la prueba de tracción, se procederá según como estaban rotulados a colocarse los módulos elastoméricos en los pines de acero, siendo el más cercano a la base el número 1 y el más cercano a la punta el número 15.



Imagen 11: Colocación de los pines de acero con los módulos elastoméricos a termociclado: ya habiendo culminado la colocación de las muestras en los 3 pines, se procedió a llevarlo a la bandeja del termociclador, el cual se programó con el controlador Siemens®, en 1000 ciclos, los cuales simulan un mes en la cavidad bucal. A su vez se dispuso del termómetro infrarrojo MESTEK – IR02B, el cual alternó las temperaturas entre 5°C y 55°C, teniendo un tiempo de reposo de 10 segundos en 37°C.

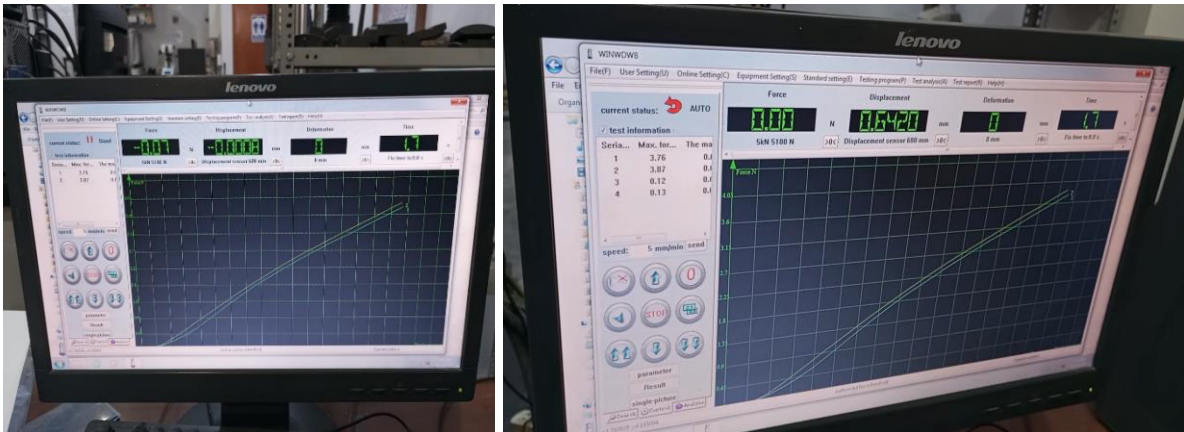


Imagen 12: Prueba de tracción después del envejecimiento: se procedió a retirar módulo por módulo con cuidado y con la ayuda de una pinza Mathieu y se llevó a la máquina de ensayos y se repitió el proceso, siendo que los datos fueron almacenados en la memoria del equipo por lo que al final, se solicitó el informe con los datos obtenidos.

9.7. Anexo G

9.7.1. Resultados



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0118-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	10-07-2025
ENSAYO DE TRACCIÓN EN TRACCIÓN EN MODULOS ELASTOMÉRICOS				
1. DATOS DEL SOLICITANTE				
Nombre de tesis	"EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS EN LOS MODULOS ELASTOMÉRICOS DE POLIURETANO ANTES Y DESPUES DEL ENVEJECIMIENTO. IN VITRO"			
Nombres y Apellidos	: Chileno Cuya, Eliana Isley			
D.N.I.	: 71619290			
Dirección	: Urb. Leoncio Prado Mz. LL1 Lote 21 - Rimac			
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.
Equipo de Ensayos Mecánicos	LG CMT- 5L	0.001N	LFP-C-044-2024	
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm	CL-0143-2024	
Termómetro Infrarrojo	MESTEK - IR02B	0,1 °C	CTU-2348-2024	
Termociclador	Controlador Siemens	5°C - 55 °C	----	
3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA				
Muestras de módulos elastoméricos para uso odontológico	Cantidad	: Cuarenta y cinco (45) 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	: Módulos elastoméricos		
	Grupo 1	: Rocky Mountain Orthodontics (celeste)		
	Grupo 2	: American Orthodontics (azul)		
	Grupo 2	: Morelli (plateado)		
<i>*Información proporcionada por el solicitante.</i>				
4. DATOS DE ENSAYO				
Fecha de Recepción de muestras	08 de Julio 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.
Analista asignado	BZT			
Condiciones de la muestra	--			
Fecha de Ensayo	09 de Julio del 2025 al 10 de Julio 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		El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.
Temperatura	18.3 °C	18.3 °C		
Humedad Relativa	81.0 %HR	81.0 %HR		
6. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO				
El ensayo se realizó bajo la siguiente Norma:				
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN		CAPITULO/NUMERAL	
UNE-EN ISO 21606:2022	Odontología. Auxiliars elastoméricos utilizados en ortodoncia		Toda la norma	
Según solicitante	Se realizó el acondicionamiento de los módulos elastomericos en el proceso de termociclado a temperaturas de 5 y 55°C, las muestras se dividieron en 3 grupos hasta completar los 1000 ciclos.		--	

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

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-0118-2025		Revisión N° 01		Fecha de emisión:		10-07-2025	
7. RESULTADOS DE ENSAYOS									
Grupo 1: Rocky Mountain Orthodontics (celeste)					Grupo 2: American Orthodontics (azul)				
Especimen	Inicial		24 horas		Especimen	Inicial		24 horas	
	Fuerza (N)	Fuerza (gf)	Fuerza (N)	Fuerza (gf)		Fuerza (N)	Fuerza (gf)	Fuerza (N)	Fuerza (gf)
1	4.12	420.12	0.15	15.30	16	3.38	344.66	0.17	17.34
2	3.01	306.93	0.13	13.26	17	3.05	311.01	0.17	17.34
3	3.38	344.66	0.18	18.35	18	2.84	289.60	0.15	15.30
4	3.91	398.71	0.11	11.22	19	3.05	311.01	0.13	13.26
5	3.39	345.68	0.16	16.32	20	3.38	344.66	0.15	15.30
6	2.89	294.70	0.20	20.39	21	3.15	321.21	0.20	20.39
7	3.47	353.84	0.32	32.63	22	3.19	325.29	0.16	16.32
8	3.12	318.15	0.26	26.51	23	3.29	335.49	0.20	20.39
9	3.26	332.43	0.17	17.34	24	3.01	306.93	0.13	13.26
10	3.31	337.53	0.17	17.34	25	3.01	306.93	0.13	13.26
11	3.20	326.31	0.14	14.28	26	3.12	318.15	0.19	19.37
12	3.21	327.33	0.17	17.34	27	3.17	323.25	0.15	15.30
13	3.31	337.53	0.19	19.37	28	3.04	309.99	0.19	19.37
14	3.37	343.64	0.16	16.32	29	2.88	293.68	0.19	19.37
15	3.70	377.29	0.15	15.30	30	3.04	309.99	0.22	22.43
Grupo 3: Morelli (plateado)									
Especimen	Inicial		24 horas						
	Fuerza (N)	Fuerza (gf)	Fuerza (N)	Fuerza (gf)					
31	2.51	255.95	0.19	19.37					
32	2.44	248.81	0.24	24.47					
33	2.46	250.85	0.29	3.12					
34	2.40	244.73	0.28	28.55					
35	2.47	251.87	0.34	34.67					
36	2.59	264.11	0.34	34.67					
37	2.46	250.85	0.46	46.91					
38	2.63	268.19	0.40	40.79					
39	2.53	257.99	0.47	47.93					
40	2.51	255.95	0.38	38.75					
41	2.53	257.99	0.41	41.81					
42	2.55	260.03	0.31	31.61					
43	2.47	251.87	0.50	50.99					
44	2.54	259.01	0.37	37.73					
45	2.31	235.55	0.43	43.85					

* La deformación se realizó a una longitud de 4mm



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 3 de 3


INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0118-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	10-07-2025
  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. 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

9.8. Anexo H

9.8.1. Fichas de calibración de instrumentos



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - C - 044 - 2024

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1052981	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i></p>
Solicitante	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.	
Dirección	Jirón Nepentas 364 urb. san silvestre San Juan de Lurigancho	
Instrumento de Medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL	
Intervalo de Indicaciones	0 N a 5 000 N	
Resolución	0,01 N	
Marca	NO INDICA	
Modelo	CMT-5L	
Número de Serie	7419	
Procedencia	NO INDICA	
Clase de Exactitud	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2024-04-25	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área 	Responsable del laboratorio 
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° CTU-2348-2024

Página 1 de 1

Fecha de emisión: 2024-09-12

Expediente: 2956-2024

UNIDAD BAJO PRUEBA: TERMÓMETRO INFRARROJO

Marca: MESTEK Rango de indicación: -50 °C a 800 °C
 Modelo: IR02B División mínima: 0,1 °C
 Serie: NO INDICA Procedencia: CHINA
 Identificación: UMT-4957 (*) Sensor: Infrarrojo
 Ubicación: NO INDICA

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: 2024-09-12
 Lugar: Laboratorio de Temperatura de UNIMETRO S.A.C.
 Método: La calibración se efectuó tomando como referencia el "Procedimiento TH-002 para la calibración de termómetros de Radiación de Infrarrojo".
 Edición digital 1 del CEM de España.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES:

INDICACIÓN TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
50,0	-1,8	48,2	2,4
100,0	1,3	101,3	2,4
150,0	2,1	152,1	2,4

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección
 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)	20,1	20,4
Humedad Relativa (%HR)	63	63

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-046	LT-052-2024 INACAL DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código: IT-027	LT-053-2024 INACAL DM

OBSERVACIONES:

- (*) Identificación asignada por UNIMETRO S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- Las mediciones fueron realizadas con una fuente térmica con un emisividad de fábrica de 0,95.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294

Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISES ADOLFO
PIR 10020315 hard
Fecha: 2024.09.12
13:10:07 -05'00'



PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN 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*



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 022



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-143-2024

Página 1 de 3

Fecha de emisión: 2024-08-10

Expediente: 2458-2024

SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección : JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN
JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

UNIDAD BAJO PRUEBA : PIE DE REY
Marca : MITUTOYO
Modelo : CD-8" ASX
Cód. fábrica : 500-197-30
Número de serie : B23082834
Cód. de identificación : No Indica
Ubicación : No indica
Alcance Indic. : 0 mm a 200 mm;
0 in a 8 in
Resolución : 0,01 mm; 0,0005 in
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : Japón

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2024-08-10
Lugar : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método : Según el PC-012 Procedimiento de calibración de pie de rey 5ta. Edición, Agosto 2012, SNM-INDECOPI.

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

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 %.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Bloques Patrón de Longitud IL-04	LLA-C-003-2023 - INACAL-DM
	Varillas Cilíndricas IL-15	LLA-200-2021 - INACAL-DM
	Anillo Patrón IL-14	LLA-174-2021 - INACAL-DM



Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISÉS ADOLFO
FIR 10020315 hard
Fecha: 2024.08.10
12:09:33 -05'00'

MOISÉS ADOLFO INGA CHUCOS
INGENIERO FÍSICO
CIP N° 137294

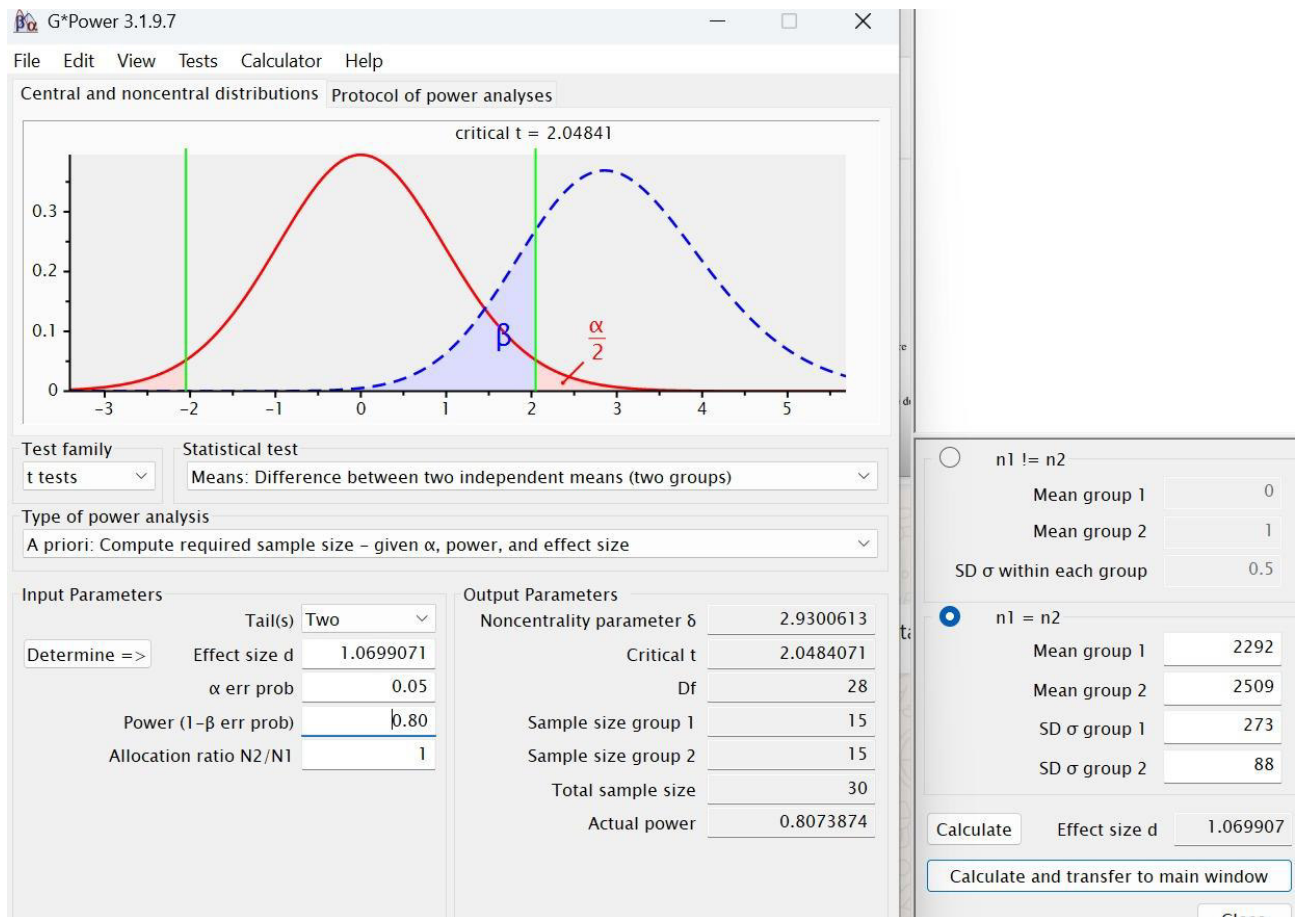


PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

9.9. Anexo I

9.9.1. Verificación de la muestra

Verificación de muestra con programa G*Power (versión 3.1.9.7)



9.10. Anexo J

9.10.1. Ficha técnica de los módulos elastoméricos Rocky Mountain Orthodontics®



9.11. Anexo K

9.11.1. Ficha técnica de los módulos elastoméricos American Orthodontics®



9.12. Anexo L

9.12.1. Ficha técnica de los módulos elastoméricos Morelli®

