



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

TESIS

Eficacia y fatiga de cadenas elastoméricas ortodónticas.

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA

PRESENTA:

C.D. Lisette Molina Quintana

Asesores de tesis

Dr. Renato Nieto Aguilar

Dr. Miguel Villagómez Galindo

Morelia, Michoacán; noviembre de 2023.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres por su apoyo incondicional, estar conmigo siempre en cada paso que doy y motivarme siempre a ser mejor persona.
- A mis hermanos, por creer en mí y brindarme todo su apoyo.
- A todos y cada uno de mis profesores el Dr. Vidal Almanza, el Dr. Héctor Adrián Saldaña, el Dr Tavera, la Dra. Zuleica, Dra. Sara, Dr. Fabián, gracias por sus consejos, compartir su conocimiento y ser parte importante de mi formación.
- Al instituto de investigaciones Metalúrgicas, al Dr. Carlos, Dr. Arnoldo, técnico Darío y Antonio, por su amabilidad y facilidad que me brindaron para llevar a cabo esta investigación.
- A mis asesores el Dr. Renato Nieto Aguilar y el Dr. Miguel Villagómez Galindo, por su dedicación y paciencia, gracias por contribuir en mi formación y en este proyecto con su guía, sus valiosas aportaciones y correcciones precisas.

ÍNDICE

ÍNDICE

Relación de tablas y figuras.....	6, 7, 8
Glosario.....	9, 10
Resumen.....	11, 12
Abstract.....	13
Introducción.....	14, 15
Antecedentes.....	16
Antecedentes generales.....	17-25
Antecedentes específicos.....	25-37
Objetivos.....	38
Objetivo general.....	39
Objetivos específicos.....	39
Justificación.....	40,41
Hipótesis.....	42,43
Pregunta de investigación.....	44, 45
Materiales y métodos.....	46-51
Resultados.....	52-66
Discusión.....	67-69
Conclusiones.....	70-72
Recomendaciones.....	73,74
Sugerencias para trabajos futuros.....	75,76
Bibliografía.....	77-80
Anexos.....	81-102

Relación de Tablas y Figuras

Relación Tablas y Figuras

Fig 1	19
Fig 2	20
Fig 3, 4, 5	21
Fig 6, 7	22
Fig. 8, 9.....	23
Fig. 10	24
Fig. 11.....	26
Fig. 12.....	27
Fig. 13.....	28
Fig. 14.....	29
Fig. 15.....	30
Fig. 16.....	31
Fig. 17.....	32
Fig. 18.....	35
Fig. 19.....	36
Fig. 20, 21.....	37
Fig. 22.....	47
Fig. 23.....	48
Fig. 24.....	49
Fig. 25.....	50
Fig. 26.....	51
Fig. 27.....	55
Fig. 28.....	56
Fig. 29.....	57
Fig. 30.....	58
Fig. 31.....	59
Fig. 32.....	60
Fig. 33.....	61

Fig. 34.....	62
Fig. 35.....	63
Fig. 36.....	64
Cuadro 1.....	83, 84, 85
Cuadro 2.....	85, 86
Cuadro 3.....	87
Cuadro 4.....	87, 88, 89
Cuadro 5.....	90
Cuadro 6.....	90, 91
Cuadro 7.....	91
Cuadro 8.....	91
Cuadro 9.....	92, 93, 94
Cuadro 10.....	94, 95
Cuadro 11.....	96
Cuadro 12.....	97
Cuadro 13.....	97
Cuadro 14.....	98
Cuadro 15.....	98
Gráfica 1.....	99
Gráfica 2.....	100
Gráfica 3.....	101
Gráfica 4.....	102

GLOSARIO

GLOSARIO

- **Abrasión:** Desgaste de una superficie por el roce o la fricción con otra superficie o partículas.
- **Copolímero:** Es una macromolécula formada por la unión de dos o más monómeros.
- **Diol:** Es un Alcohol que contiene dos Grupos Hidroxilo
- **Elastoméro:** Materia natural o artificial que, como el caucho, tiene gran elasticidad.
- **Fotodegradación:** Es la alteración de materiales por efecto de la luz.
- **Isocianato:** Es un grupo funcional que tiene un átomo de nitrógeno, un átomo de carbono y un átomo de oxígeno, cada uno unido entre sí a través de dobles enlaces.
- **Polímero** Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.
- **Poliol:** alcoholes con más de dos grupos hidroxilo.
- **Poliuretano:** Resina sintética de baja densidad obtenida por condensación de poliésteres.
- **Termoplástico:** Material maleable por el calor.

RESUMEN

RESUMEN

Introducción: En el área de ortodoncia existe una gran variedad de aditamentos, que se emplean para lograr el movimiento dentario. Entre ellos, las cadenas elastoméricas son uno de estos referidos, que se suelen utilizar de manera importante y frecuente en las clínicas de ortodoncia.

Objetivo: El presente estudio se realizó con el objetivo de identificar la eficacia de trabajo y grado de fatiga de cadenas ortodónticas para su empleo en ortodoncia correctiva.

Materiales y métodos: Se analizaron cinco marcas diferentes de cadenas elastoméricas abiertas (Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), American Orthodontics (E.U.A) y Borgatta (México). Se utilizó un microscopio electrónico de barrido, para conocer los cambios posibles en la superficie de las cadenas, una máquina de ensayos universal para medir la resistencia máxima de tensión a la fractura, y un dinamómetro de mano para medir la fuerza de trabajo terapéutico de las cadenas, a diferentes intervalos de tiempo. Se realizaron pruebas estadísticas múltiples para análisis estadístico de las muestras.

Resultados: Se observaron cambios importantes en la superficie de las cadenas elastoméricas por marca y a diferentes tiempos de tensión. La marca American Orthodontics evidenció mayor estabilidad y menores defectos artefactuales que el resto de las cadenas, seguidas por Borgatta y Ahkimpech. Para la fase de fuerza máxima de tensión por estiramiento hasta la fractura, las cadenas evidenciaron degradación y deformación por estiramiento por tensión. Las marcas de cadenas presentaron entre sí, una diferencia significativa en la resistencia a la fuerza de tensión por estiramiento hasta la fractura, con mayor resistencia Azdent, Ahkimpech y Eurodent, seguidas por American Orthodontics y Borgatta. La fase de fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica, evidenció una fuerza inicial variable y significativamente diferente entre las marcas de cadenas, que con el estiramiento, disminuyó al cabo de 4 semanas en todos los grupos, con tendencia a una diferencia significativa entre las marcas de cadenas. Las cadenas que presentaron mayor estabilidad fueron: American Orthodontics, Borgatta y Ah Kim Pech.

Conclusión: La marca de las cadenas elastoméricas influye en las propiedades físicas y mecánicas de las cadenas, por lo que estas diferencias deberán de tomarse en cuenta, para su empleo en el tratamiento ortodóntico, en pacientes que acuden a la clínica de ortodoncia de la UMSNH.

Palabras clave: cadenas elastoméricas ortodónticas, elastómeros ortodónticos, fuerza ortodóntica, deformación de materiales, resistencia a fractura por tensión, fatiga de materiales.

ABSTRACT

Introduction: In the area of orthodontics there is a great variety of attachments, which are used in to achieve tooth movement. Among them, elastomeric chains are one of these referents, which are often used in an important and frequent way in orthodontic clinics.

Objective: The present study was carried out with the aim of identifying the working efficiency and degree of fatigue of orthodontic chains for use in corrective orthodontics.

Materials and methods: Five different brands of open elastomeric chains (Ah Kim Pech (Mexico), Eurodent (Mexico), Azdent (China), American Orthodontics (USA) and Borgatta (Mexico) were analyzed. A universal testing machine was used to measure the maximum resistance fracture stress and a hand dynamometer to measure the therapeutic work force of the chains, at different time intervals. Multiple statistical tests were performed for statistical analysis of the samples.

Results: Significant changes were observed in the surface of the elastomeric chains by brand and at different tension times. The American Orthodontics brand showed greater stability and fewer artefactual defects than the rest of the chains, followed by Borgata and Ahkimpech. For the maximum strength phase of stretching stress until fracture, the chains evidenced degradation and stretching deformation. The chain brands presented a significant difference between themselves in the resistance to tensile force due to stretching until fracture, with Azdent, Ahkimpech and Eurodent having the highest resistance, followed by American Orthodontics and Borgata. The effective working force phase for therapeutic application showed a variable and significantly different initial force between the chain brands, which with stretching decreased after 4 weeks in all groups, with a trend towards a significant difference between the brands of chains. The chains that presented the greatest stability were: American Orthodontics, Borgatta and Ah Kim Pech.

Conclusion: The brand of the elastomeric chains influences the physical and mechanical properties of the chains, so these differences must be taken into account, for their use in orthodontic treatment, in patients who attend the UMSNH orthodontic clinic.

Key words: orthodontic elastomeric chains, orthodontic elastomers, orthodontic strength, deformation of materials, resistance to stress fracture, fatigue of materials.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En el área de ortodoncia existe una gran variedad de aditamentos, que se emplean para lograr el movimiento dentario. Entre ellos, las cadenas elastoméricas son uno de estos referidos, que se suelen utilizar de manera importante y frecuente en las clínicas de ortodoncia. Las cadenas son empleadas debido a su facilidad de colocación, variedad de colores y comodidad para el paciente. Además, son económicas y de manera literal, no requieren de la cooperación del paciente para su uso. Aunado a esto, poseen practicidad para lograr movimientos dentarios precisos, incluyendo: cierre de espacios, corrección de rotaciones de piezas dentarias, corrección de línea media, tracción de dientes impactados, así como retracción canina.

Las cadenas elastoméricas son de diferentes marcas, y están contenidas dentro de un carrete, que el ortodoncista elige y corta para cada caso. Sin embargo, suelen ser inestables a lo largo del tiempo, debido a que son polímeros, y sus fuerzas tienen un periodo de vida media limitado. Este fenómeno se conoce como fatiga; lo cual conlleva a que el movimiento dental no tenga la eficacia esperada transcurrido un tiempo de eficiencia. Esto puede ocasionar el incremento del tiempo de tratamiento de ortodoncia. A pesar de ello, las diferentes casas comerciales prometen en el marketing de sus cadenas elastoméricas “fuerzas ligeras y continuas”.

Debido a lo anteriormente expuesto, esta tesis identificó la fatiga de las cadenas elastoméricas de cinco marcas comerciales, mediante estudio *in vitro*.

Los hallazgos de este estudio pueden sugerir al ortodoncista, identificar la eficiencia y eficacia a la fuerza de trabajo de las cadenas elastoméricas, y grado de corrosión por fatiga. Sobre todo, de aquellas empleadas en nuestras clínicas de ortodoncia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. De esta manera se podría a la vez, elegir desde una base científica, las más adecuadas para obtener mejores resultados sobre nuestros pacientes.

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES GENERALES

Propiedades físicas y químicas de los poliuretanos

Los poliuretanos son polímeros que fueron desarrollados por el Dr. Bayer y colaboradores en la década de 1930 en Alemania-(Coutinho y Delpech, 1999).

Son conocidos también como copolímeros de bloques segmentados que representan una gran variedad de materiales utilizados en la ciencia y la tecnología. Estos materiales se sintetizan mediante la reacción de un poliisocianato con un poliol o grupos funcionales hidroxilo en presencia de otros reactivos, en donde se pueden controlar las variables, de tal manera que se pueda obtener el producto para la aplicación que se requiera, (Valero y Uscategui, 2018). De acuerdo al tipo de poliol e isocianato que se utilice, se pueden obtener materiales con diferentes características, como lo son: las espumas flexibles y rígidas, elastómeros termoestables y termoplásticos, adhesivos, recubrimientos, sellantes, fibras, tintas y materiales compuestos (Quintero *et al.*, 2007). Los poliuretanos están formados por segmentos duros (la combinación del extensor de cadena y los componentes de diisocianato) y blandos (dioles poliméricos), los cuales se encuentran conectados por enlaces uretanos (Valero y Uscategui, 2018).

De acuerdo a los estudios de Park, se pueden obtener poliuretanos mediante la reacción entre polidimetilsiloxano y monometoxi polietilenglicol, sintetizando así un nuevo biomaterial utilizado para fines biomédicos, utilizándose el etilenglicol y dietil bis hidroximetil malonato, como extensores de la cadena, y el 4,4-diisocianato de difenilmetano como diisocianato (Gregorí *et al.*, 2007).

Entre las propiedades físicas se pueden encontrar muchas posibilidades, como pueden ser: superblando, blando, semirrígido, rígido; extremadamente permeable, permeable y cerrado; homogénea-integral; hidrofóbica-hidrofílica; duroplástica-termoplástica. Estos materiales son muy versátiles, pues su presentación como producto final puede variar, por lo cual sus propiedades físico-mecánicas pueden cambiar, así como su aplicación (De Alva, 1999).

Los poliuretanos son ampliamente utilizados en la industria debido a su dureza, elasticidad y resistencia a la abrasión y al impacto; además de que, al tener un carácter biodegradable, pueden ser una buena alternativa en la agricultura y el embalaje. Para que un poliuretano pueda ser utilizado como biomaterial, debe tenerse en consideración que debe ser fácilmente procesable, para obtener la forma del producto final. A su vez, debe tener una durabilidad aceptable, que cumpla con sus propiedades mecánicas hasta que el tejido esté cicatrizado, que no provoque ninguna reacción tóxica o inflamatoria, y que sea metabolizado en el organismo después de cumplir su función. Actualmente también son muy utilizados en la industria médica, pues se emplean en la producción de biomateriales, como lo son: bolsas para sangre, prótesis para fijadores ortopédicos, marcapasos, apósitos estériles, globos intraópticos, entre otros.

La degradación de los poliuretanos se define como un cambio en su estructura química, lo que produce una modificación en sus propiedades. Su velocidad de biodegradabilidad dependerá de las condiciones del medio; la humedad, temperatura y pH, las características del polímero y de los microorganismos, la cantidad, variedad, fuente y actividad (Gregorí *et al.*, 2007).

Poliuretanos elastoméricos.

Propiedades físicas y químicas.

Los poliuretanos elastoméricos son polímeros que presentan propiedades mecánicas, térmicas, superficiales, de biocompatibilidad y biodegradabilidad, de acuerdo a la naturaleza de los bloques que los constituyen. Estos copolímeros pueden presentarse como una estructura formada por un diisocianato, un macrodiol, o un diol de baja masa molecular, el cual se emplea como extendedor de cadena. De esta manera, el grado de polimerización de los bloques con elevada densidad de grupos uretano o carbamato, o los bloques rígidos, son llamados así, por su tendencia a formar estructuras cristalinas. Sin embargo, cuando el diisocianato tiene una alta barrera conformacional, como el isoforon diisocianato, tiende a formar segmentos vítreos con temperatura de transición vítrea mayor a la ambiental, y relativamente rígida. Cuando se utilizan extendedores de cadena con alta barrera conformacional en combinación con HDI, o el diisocianato de lisina con 1,3-pentanodiol, se obtienen segmentos semiflexibles de carácter elastomérico.

Estos materiales han sido sintetizados empleando segmentos uretánicos cristalinos de tipo HDI-BD o MDI-BD, combinados con macrodioles de tipo poliéster o poliéter de media o alta masa molecular como componente de la fase flexible. Este tipo de poliuretanos han sido estudiados como materiales biodegradables, utilizándolos como materiales de soporte para el crecimiento celular en implantes temporales. Asimismo, se han investigado los policarbonatos dioles como componentes de la fase flexible; ya que éstos, en comparación con los basados en poliéster o poliéter, tienen una mayor estabilidad a la degradación hidrolítica y oxidativa, lo que los hace una buena opción para el desarrollo de implantes de larga duración.

Los poliuretanos derivados de los diisocianatos alifáticos presentan una mayor compatibilidad, lo que los hace de gran interés para las aplicaciones biomédicas; así como una mayor estabilidad a la fotodegradación y a la degradación térmica, siendo una buena opción para su uso a la intemperie (Fernández *et al.*, 2016).

Función de las cadenas elastoméricas en ortodoncia

Para producir los movimientos dentales en ortodoncia, se requiere del uso de aparatos como las cadenas elastoméricas, introducidas en la década de los 60; son comúnmente utilizadas debido a que son fáciles de usar y a que tienen un bajo costo (Achachao, 2017). Las cadenas elastoméricas producen los movimientos dentales en ortodoncia como la alineación, nivelación, retracción, así como el cierre de espacios, movimiento en dientes rotados y tracción de dientes impactados.

Estas son fabricadas como un carrete de cadena elástica enlazada, la cual puede ser cortada dependiendo del número de módulos que se requieran para cada caso. Se pueden encontrar en

diferentes presentaciones: abiertas, cortas, largas, cerradas; que pueden ser transparentes o de diferente color (Güiza *et al.*, 2019).



Figura 1. Carrete de cadena elastomérica fuente: Google imágenes, S/F

Propiedades físicas, químicas y clínicas de las cadenas elastoméricas.

Las cadenas elastoméricas son elastómeros sintéticos, hechas principalmente de poliuretano que puede ser termoplástico o termoestable. Los poliuretanos termoplásticos se pueden moldear a altas temperaturas y pueden fabricarse de plástico. Los estudios han demostrado que éstas experimentan una mayor disminución de la fuerza a los 28 días *in vitro*.

Por otra parte, se ha demostrado que los materiales termoestables se descomponen menos *in vitro*, estos se curan de forma irreversible durante la fabricación (Evans *et al.*, 2017).

Como se ha mencionado, las cadenas elastoméricas son hechas con polímeros como el poliuretano, el primer material con estas características es el hule natural, pero debido a que perdía sus propiedades con facilidad debido a la temperatura y absorción de la humedad, su uso fue limitado.

Con el proceso de vulcanización introducido por Charles Goodyear en 1839, se incrementó el uso del hule natural, siendo empleado por ortodoncistas como Baker, Case y Angle, en el tratamiento ortodóntico.



Figura 2. Vulcanización. Fuente: Google imágenes S/F.

El cierre de espacios post extracción dentaria, la distalización de caninos, discrepancias de la línea media, corrección de rotaciones, tracción ortodóntica de dientes impactados, la constricción del arco dental, desviaciones de la línea media, soportes de fijación del arco a los brackets y como sustituto de las ligaduras mecánicas; son las principales aplicaciones clínicas de las cadenas elastoméricas, pues resultan muy útiles, prácticas, y cómodas para el paciente (Morales *et al.*, 2014).



Figura 3. Cierre de espacios con cadena elastomérica. Fuente: Google imágenes, S/F.



Figura 4. Corrección de línea media dental con cadena elastomérica. Fuente: Google imágenes, S/F.

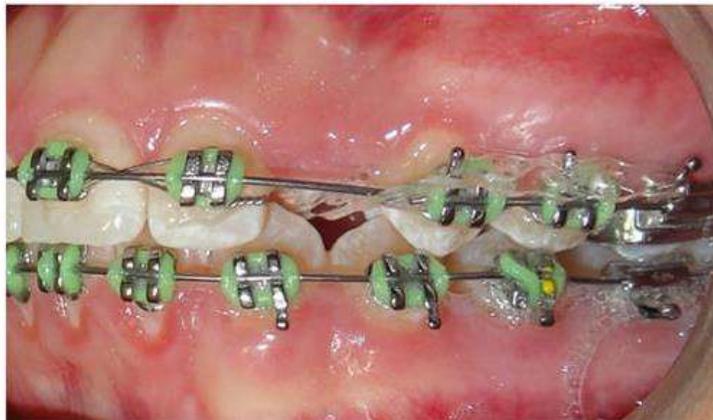


Figura 5. Tracción de canino retenido con cadena elastomérica. Fuente: Google imágenes, S/F.

Las cadenas elastoméricas se dividen en cuatro tipos, de acuerdo a la distancia del centro del eslabón, hasta el centro del siguiente, por lo que encontramos:

- Cadena cerrada o continua: Esta se utiliza para el cierre de espacios de incisivos inferiores. Este tipo de cadena tiene una distancia intereslabón de 3mm. Este tipo de cadenas otorgan un nivel de fuerza inicial mayor y retienen un porcentaje superior de fuerza remanente en comparación con las cadenas largas.
- Cadena corta: Presenta una distancia intereslabón de 3.5mm, y se recomienda para el cierre de espacios en la arcada inferior.
- Cadena larga: Tiene una distancia intereslabón de 4mm, y es utilizada para el cierre de espacios de la arcada superior.
- Cadena extralarga: Al tener una distancia intereslabón de 4.5mm, hay menos huecos donde pueda entrar la comida, ayudando con la disminución de caries y problemas periodontales (Rodríguez *et al.*, 2007).

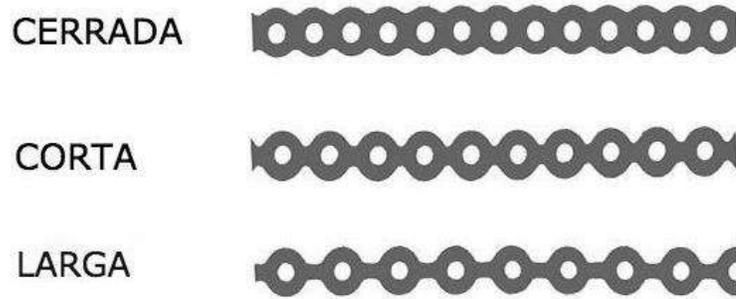


Figura 6. Cadenas elásticas cerrada, corta y larga. Fuente: Google imágenes, S/F.

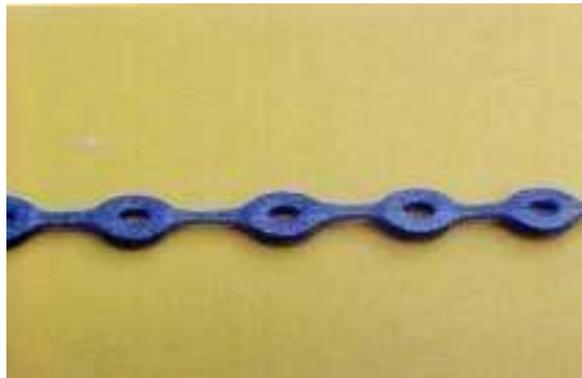


Figura 7. Cadena elástica extralarga. Fuente: Google imágenes, S/F.



Figura 8. Mecánica de cierre de espacios con cadena elastomérica. Fuente: Google imágenes

Palathottungal y Paulose (2014) realizaron un estudio *in vitro*, con el propósito de comparar la fuerza de degradación de cadenas elastoméricas pigmentadas y no pigmentadas obtenidas de tres fabricantes. Se probó en tres intervalos de tiempo (como se recibió, después de 24 h y 21 d de estiramiento). Los resultados del experimento evidenciaron que las cadenas elastoméricas no pigmentadas, exhibieron una mejor entrega de fuerza y un menor porcentaje fatiga, en comparación con las cadenas pigmentadas.



Figura 9. Cadena elastomérica no pigmentada. Fuente: Google imágenes, S/F.

Fatiga y deformación vs. Elasticidad y fatiga

Un elastómero es un material polimérico, formado por elementos que le proporcionan dureza, durabilidad, biocompatibilidad, bioestabilidad y flexibilidad. Los materiales elastoméricos suelen presentar grandes deformaciones con pequeños esfuerzos, tienen una resistencia limitada y presentan fatiga, la cual se manifiesta por una reducción progresiva de sus propiedades físicas, debido a la propagación de fracturas durante la aplicación de una fuerza continua.

El rompimiento de las cadenas y fatiga del material, puede deberse al tipo de entrecruzamiento que presenten las cadenas poliméricas, el tipo de aditivos utilizados para retardar su envejecimiento, así como la composición química del elastómero (Sánchez *et al.*, 2006).



Figura 10. Cadenas elastoméricas deformadas. Fuente: Google imágenes, S/F.

Vida media, fuerza inicial y final al cabo de la vida media de las cadenas elastoméricas-

La degradación de la fuerza en las cadenas elastoméricas, se refiere a la pérdida progresiva de fuerza con el paso del tiempo, el medio en el que se encuentran sometidas puede afectar en gran medida la fuerza inicial obtenida, pudiendo sufrir deformaciones al poco tiempo de ser colocadas (Luque, 2020).

Algunos estudios han demostrado, que, al someterse a las condiciones de la cavidad oral durante un tiempo prolongado de tiempo, las propiedades de las cadenas elastoméricas van disminuyendo, debido a la presencia de enzimas, así como variaciones de temperatura, lo que influencia su desarrollo clínico; así como el constante estiramiento a la que son sometidas, hace que vayan perdiendo su fuerza. Se ha reportado que, a los 30 minutos de ser colocada alguna en boca, ya existe una disminución de la fuerza, y a las 24 horas dicha disminución es del 50 a 70%, quedando un remanente de aproximadamente del 30 al 40% durante las 4 semanas siguientes (Morales *et al.*, 2014).

La pérdida de fuerza se debe a la deformación permanente del elastómero, cuando las moléculas del polímero se deslizan irreversiblemente unas sobre otras. Debido a esta pérdida de fuerza que ocurre con el tiempo, se suele reemplazar estas cadenas en la boca del paciente cada 4 a 6 semanas (Evans *et al.*, 2017).

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

En la revisión de la literatura se ha revelado que las cadenas elastoméricas no pueden mantener una fuerza continua. Se ha demostrado que la degradación de las fuerzas elastoméricas fue mayor el primer día, y luego continuó a un ritmo más lento, produciendo una degradación promedio del 50 a 75% después de 4 semanas frente a la fuerza inicial (Achachao, 2017).

Masoud *et al.* (2016) compararon la disminución de la fuerza y los cambios entre las ligaduras elastoméricas termoplásticas y termoestables. En este estudio se utilizaron 72 ligaduras elastoméricas termoplásticas transparentes y 72 transparentes termoestables de la marca Rocky Mountain Orthodontics, el experimento se realizó en un ambiente oral simulado, en un pH de 6.75 a 37°C.

La muestra de 72 ligaduras elastoméricas TP y TS, se dividió en seis grupos, con 12 muestras por grupo, para registrar la pérdida de fuerza y los cambios dimensionales en 6 puntos de tiempo de la siguiente manera; 24 h, 1, 2, 4, 6 y 8 semanas. En cada momento la muestra se descartó una vez que se completaron las mediciones.

Se estiraron las ligaduras elastoméricas sobre los mangos de instrumentos manuales de acero inoxidable, los extremos de los mangos se estrecharon para facilitar la aplicación y extracción de las ligaduras, en donde los mangos tenían 3.937 ± 0.002 mm de diámetro. Para medir la fuerza, se utilizó un medidor de fuerza digital ($50,00 \pm 0,01$ N) (DS2-11, IMADA, Tokio, Japón); las ligaduras elastoméricas se estiraron entre dos ganchos: uno se sujetó al calibre y el otro a la base del banco de pruebas, se utilizó un medidor de distancia digital en el banco de pruebas para determinar la distancia entre los ganchos que fue de 4.21 mm.

Las pruebas t de student revelaron diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de fuerza, el porcentaje de cambio en el diámetro exterior, el porcentaje de cambio en el diámetro interior, y el porcentaje de cambio en el grosor de la pared entre las ligaduras elastoméricas TP y TS en todos los puntos temporales. La diferencia media en la pérdida de fuerza entre TP y TS en todos los

momentos fue del 22,91%. Las muestras TP y TS exhibieron 93.04% y 77.41% de pérdida de fuerza, respectivamente, al día 28.

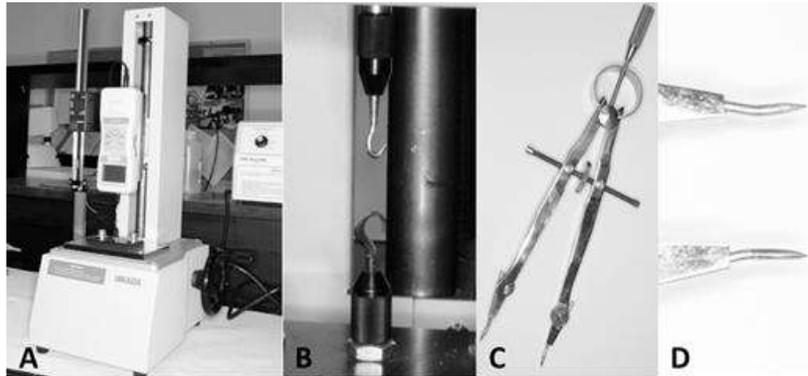


Figura 9. Fuente: Masoud et al., 2016. (A) Medidor de fuerza digital y banco de pruebas; (B) Estirar ganchos; (C) Plantilla de transferencia; y (D) puntas modificadas.

Behnaz *et al.* (2018) realizaron un estudio donde evaluaron los efectos del agente blanqueador en el enjuague bucal, sobre la fatiga de las cadenas de ortodoncia. En este estudio se dividieron 160 cadenas elastoméricas cerradas grises de las marcas American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, EE. UU. en tres grupos, donde se estiraron cuatro bucles de cadena a una distancia de 25mm en una plantilla hecha a la medida. Se utilizaron dos tipos de enjuague bucal; listerine healthywhite y listerine total care zero. Las muestras del grupo de control se sumergieron en saliva artificial durante el período de prueba, mientras que las muestras del grupo de prueba se sumergieron dos veces al día durante 30 segundos en los enjuagues bucales. Todas las muestras fueron sumergidas en saliva artificial a 37°C durante 28 días.

La fuerza se midió antes y después de 1, 7, 14, 21 y 28 días después del inicio del estudio. Para medir la fuerza de la cadena elastomérica se utilizó una máquina instron en los diferentes puntos de tiempo.

Las máquinas instron de baja fuerza, son máquinas de ensayo universales; realizan la tracción, compresión, curva, cáscara, desgarró y otras pruebas mecánicas sobre los materiales y productos de la industria. Estos sistemas están disponibles en una variedad de tamaños y de fuerza máxima. Los sistemas de baja fuerza de Instron, prueban materiales y productos desde microelectrónica y biomateriales, hasta plásticos, textiles, metales y materias primas compuestas de hasta 50 kN de fuerza.

En este estudio se pudo observar como la fuerza de las cadenas elastoméricas se redujo drásticamente en todos los grupos; después de 24 horas, en el grupo de control la fuerza disminuyó en un 42.18%, mientras que, en los enjuagues bucales diarios y blanqueadores, la fuerza disminuyó 48.34 y 53.38%; respectivamente. La disminución de fuerza después de 4

semanas en blanqueamiento y enjuagues bucales diarios y los grupos de control fueron 8.48, 76.73 y 66.30%; respectivamente.



Figura 10. Sistema de prueba Universal. Fuente: Google imágenes, S/F.

Javanmardi y Salehi (2016) realizaron un estudio sobre los efectos de los enjuagues bucales orthokin, Sensikin, y Persica; sobre la fuerza de degradación de las cadenas elásticas y los resortes helicoidales de NiTi. Para éste estudio se emplearon cadenas elastoméricas transparente de la marca Ortho Technology, las cuales constaban de 5 bucles y resortes helicoidales de Niti de la marca 3M Unitek de 12 mm de longitud. Se dividieron en 4 grupos: control (saliva artificial), enjuague bucal Orthokin, enjuague bucal Sensikin, y enjuague bucal Persica. Las muestras fueron almacenadas en una incubadora a 37°C.

La medición de la fuerza se realizó mediante un dinamómetro digital (Force Gauge Lutron / Modelo (FG-5020) $\pm(0.5\%+2$ dígitos) / capacidad de medida: 20kg) en cinco intervalos de tiempo: línea de base, 1 h, 24 h, 1 semana y 3 semanas.

Los resultados de éste estudio revelaron una disminución de la fuerza tanto en las cadenas elásticas como los grupos de resorte helicoidales a lo largo del tiempo. El mayor porcentaje de disminución de la fuerza, ocurrió con el enjuague bucal Persica, que no fue estadísticamente significativo en comparación con el grupo control.



Figura 11. Dinamómetro digital. Fuente: Google imágenes, S/F.

Mohammadi y Mahmoodi (2015) realizaron un estudio, en el cual evaluaron la fuerza inicial y la desintegración de la fuerza de ligaduras elastoméricas, y separadores elastoméricos en estado de amarre activo.

Para este estudio se estiraron 288 ligaduras elastoméricas y separadores elastoméricos de tres fabricantes: Dentaureum, RMO, 3M Unitek al 100% y 150% de su diámetro interior original. Para sujetar las probetas estiradas durante el experimento, se utilizó un dispositivo de sujeción que constaba de un marco principal de latón cromado de 70x18 cm, donde se colocaron dos postes de 12 mm de largo, uno de los postes fue fijo y el otro móvil. La distancia entre ambos postes se ajusta mediante un tornillo colocado en el marco principal. Se fabricaron dos tubos de latón cromado de 28 mm de largo, que fueron colocados en los postes; se soldó un gancho de acero al centro de estos tubos, los cuales hicieron posible transferir las muestras a una máquina de ensayo universal (HSKS - 1417 Hounsfield Test Equipment LTD, Inglaterra). La distancia entre los ganchos enfrentados se ajustó con un calibrador digital (con una sensibilidad/precisión de 0.05mm).

Los niveles de fuerza se midieron inicialmente y en intervalos de 3 min, 24 h, 1, 2, 3 y 4 semanas.

En el estudio se pudo observar, que las medias de las fuerzas iniciales de las ligaduras elastoméricas y separadores elastoméricos de los tres fabricantes (Dentaureum, RMO y 3M Unitek), fueron 199, 305 y 284 g y 330, 416, 330 g, respectivamente; cuando se estiraron al 100% de sus diámetros interiores. Cuando se estiraron al 150% de sus diámetros internos, los valores fueron 286, 422 y 375 g, y 433, 540 y 504 g; respectivamente.

En estado de amarre activo, el 11-18% de la fuerza inicial de las muestras se perdió dentro de los primeros 3 minutos, y el 29-63% de la disminución de la fuerza ocurrió dentro de las primeras 24 h; el 62-81% de la fuerza inicial se perdió en 4 semanas. La fuerza inicial y la desintegración de la fuerza de los productos elastoméricos de Dentaureum, fueron menores en comparación con el de las otras empresas en las mismas condiciones.

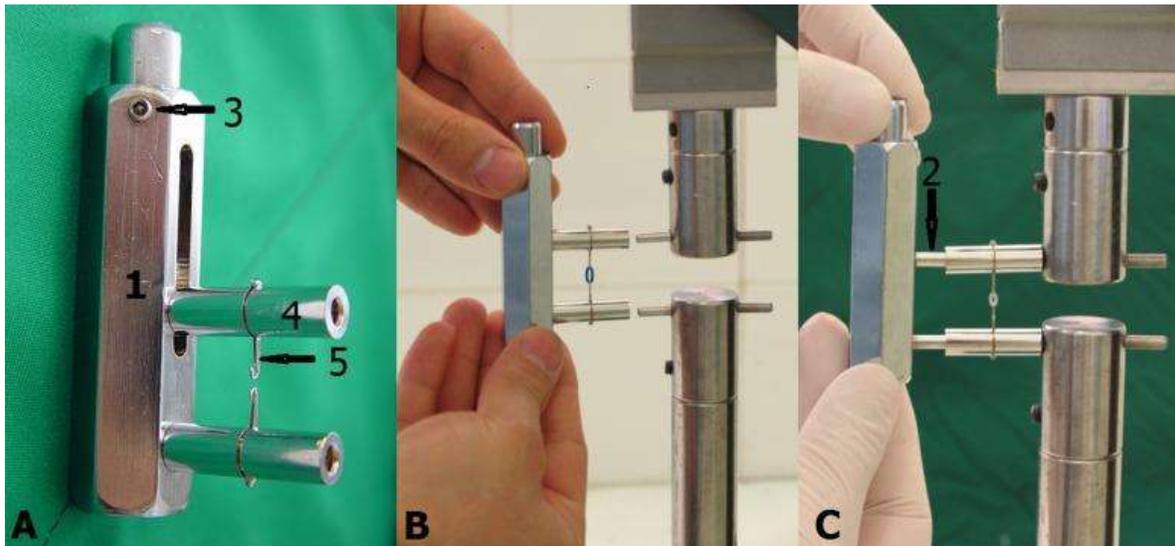


Figura 12. Fuente: Mohammadi y Mahmoodi, 2015. Dispositivo de sujeción (A), marco principal (1), poste largo (2), tornillo de ajuste (3), tubo (4) y gancho de acero (5). La colocación de los tubos en los postes de sujeción del aparato en un lado (B). Los tubos que contienen la muestra se transfieren al dispositivo de sujeción (C).

Aminian *et al.* (2015) realizaron una investigación en la cual evaluaron el efecto de diferentes patrones de estiramiento, sobre la disminución de la fuerza y las propiedades de tracción de las ligaduras elastoméricas.

Se estudiaron ligaduras elastoméricas de las empresas Ortho Technology y Hangzhou Yamei; se midieron las fuerzas, resistencia a la tracción (TS), y extensión a TS en intervalos iniciales de 24 h y 2, 4 y 8 semanas, en una máquina de ensayo de materiales (modelo 10 KN, M350-10CT, Testometric Company, Reino Unido). Durante el estudio los elastómeros fueron almacenados en tres diferentes tipos de plantillas; estiramiento uniforme y estiramiento de 1 y 3 mm, de tal manera que simulara las diferentes etapas del tratamiento de ortodoncia, las cuales fueron diseñadas y fabricadas mediante la técnica CAD-CAM.

En los resultados de la investigación, se pudo observar que existe un patrón de desintegración de la fuerza similar entre las diferentes marcas. Se notó la disminución máxima de la fuerza a las 24 h que fue de 49.9%±15%, después de 8 semanas la disminución de la cantidad de fuerza fue de 75.7%±8%.

Omidkhoda *et al.* (2015) evaluaron los efectos de tres enjuagues bucales diferentes, sobre la fatiga de las cadenas de ortodoncia. En este estudio, se utilizaron cadenas elastoméricas transparentes de la marca Dentaurem de conector corto y cerrado, y se almacenaron en paquetes de plástico a

temperatura ambiente (22-24 °C) hasta el comienzo del estudio. Las cadenas elastoméricas fueron estiradas al 100% de su longitud inicial durante 10 s. Se diseñó una plantilla con dos postes asegurados con tornillos a una distancia de 25mm; se estiró cada cadena entre los postes y se sumergieron en saliva artificial, pérsica, clorhexidina al 0.2% y enjuague bucal de fluoruro de sodio al 0.05%. Se realizaron diez ciclos de termociclado de 30 s/día en 5 y 55°C durante el período de prueba. Las fuerzas se registraron después de 24 h, 1, 2, 3 y 4 semanas con un medidor de fuerza (Lutron, modelo DC-515, Taiwán), y se utilizó el análisis de varianza bidireccional, para comparar la cantidad de porcentaje de pérdida de fuerza entre los grupos.

Los resultados de este estudio, mostraron una pérdida significativa de fuerza durante las primeras 24 h en todas las soluciones, incluida la saliva artificial. La pérdida de fuerza en las cadenas de conector corto y las cadenas de conector cerrado durante las primeras 24 h, fue del 21-26% y del 19-27%; respectivamente. Al final de la semana 4, el 40-50% de la fuerza inicial, se perdió en las cadenas de conector corto; mientras que, en las cadenas de conector cerrado, la pérdida de la fuerza inicial fue del 43-60%. El estudio reveló que, en ambas configuraciones de cadenas, el rango más bajo de pérdida de fuerza, fue cuando se sumergieron en Persica y tuvieron la mayor pérdida de fuerza en clorhexidina.



Figura 13. Fuente: Omidkhoda et al., 2015. Acoplamiento de medidor de fuerza con plantilla. La distancia entre los postes se mantuvo constante mientras se transfirió al calibre.

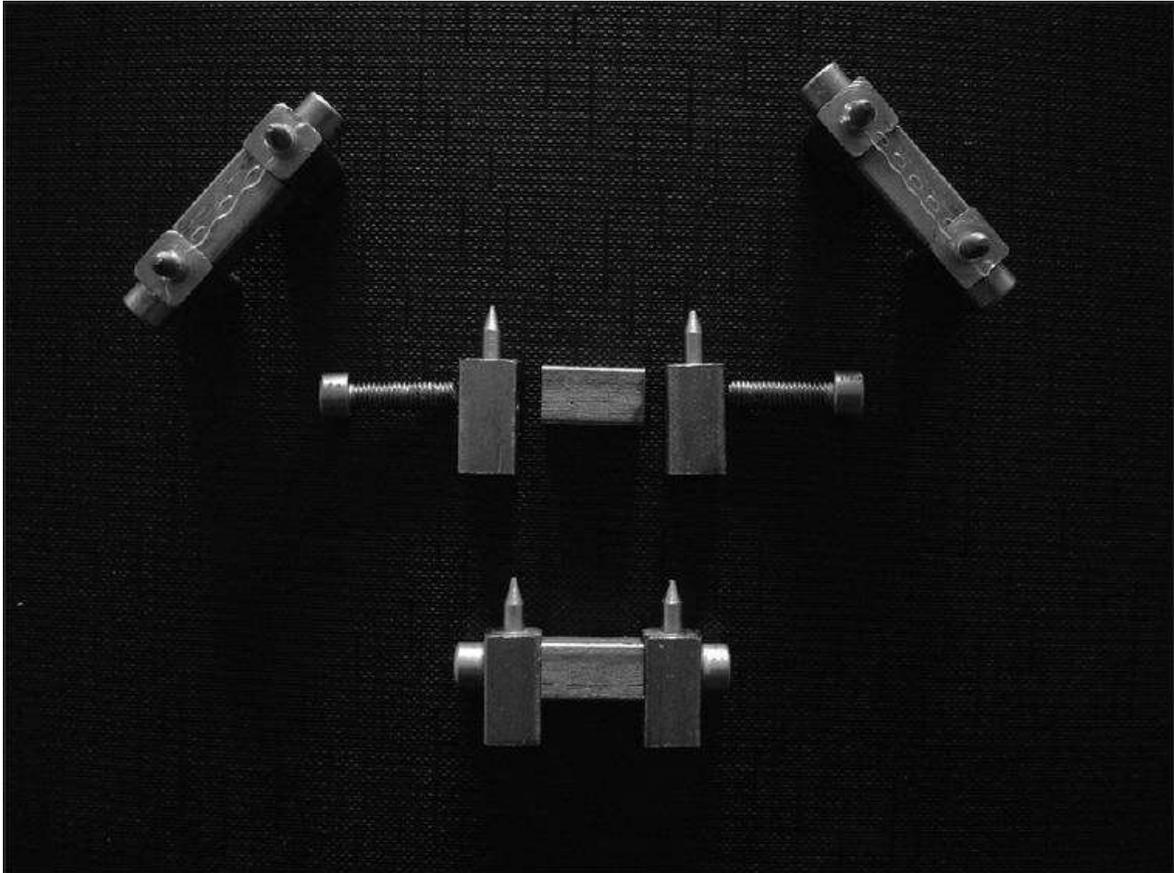


Figura 14. Fuente: Omidkhoda et al., 2015. Plantillas diseñadas para estirar cadenas elastoméricas.

Mousavi *et al.* (2020) realizaron una investigación, en la cual evaluaron los efectos de diferentes extensiones de estiramiento, morfologías y marcas sobre la fuerza inicial y fatiga de las cadenas elastoméricas de ortodoncia. Este estudio *in vitro* se realizó en 540 observaciones de cadenas elastoméricas de tres fabricantes (G&H, Ortho Technology y American Orthodontics). Cada una de tres tipos de cadena (cerrada, corta y larga) se estiraron en tres extensiones (40%, 60% y 100%) de la longitud original.

Para la muestra las cadenas elastoméricas incluyeron 8 bucles, de los cuales los dos bucles marginales se utilizarían para fijar la cadena en los pasadores del soporte, sin ejercer fuerza

adicional sobre los 6 bucles principales. Cada una de las cadenas elastoméricas se estiró hasta en un 100% utilizando una máquina de prueba universal (STM-20, Santam, Teherán, Irán), la magnitud de la fuerza se registró en Newtons (N).

Se utilizaron 30 placas acrílicas para contener las cadenas elastoméricas; se utilizaron pasadores de acero inoxidable de 1 mm de grosor y 1.5 cm de largo fijados en 30 placas acrílicas para mantener las cadenas elastoméricas en sus lugares. Las cadenas elásticas fueron fijadas en pares de pines, utilizando un alicate Mathieu. Los platos se sumergieron en cajas de acero inoxidable que contenían saliva artificial (RGS, Teherán, Irán). Dichos contenedores se incubaron durante 4 semanas a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

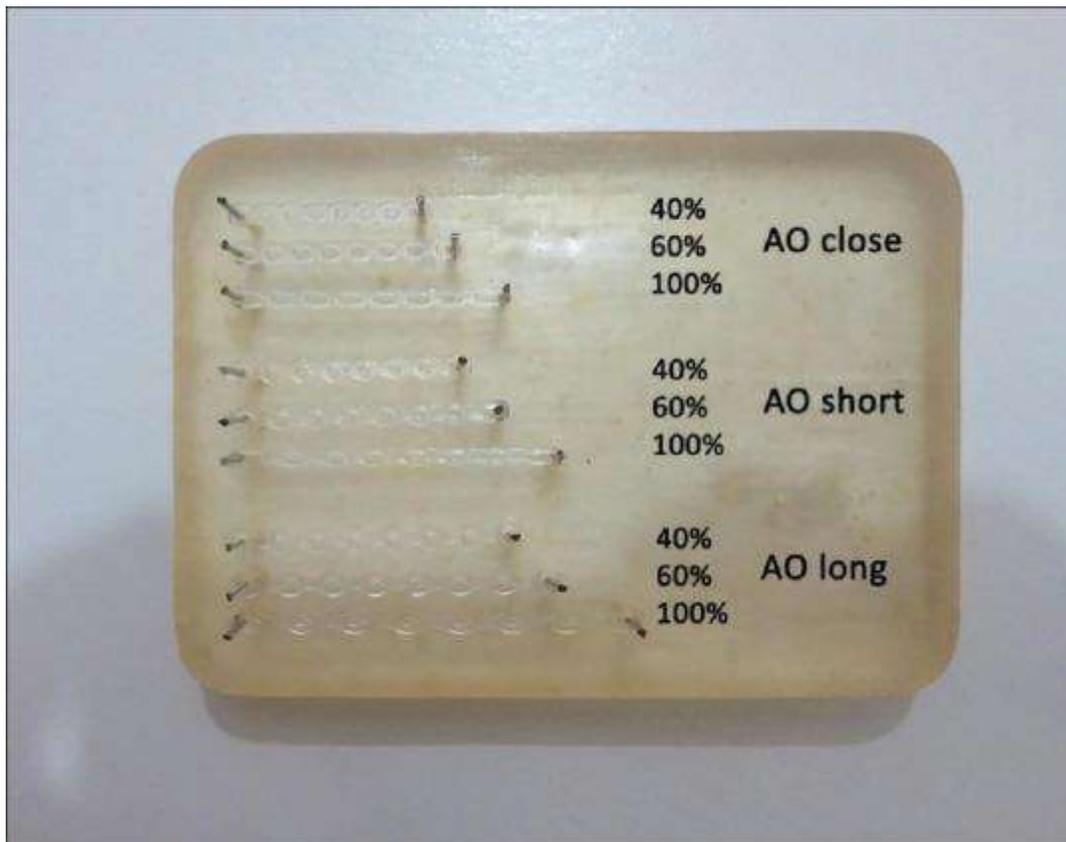


Figura 15. Fuente: Mohammad *et al.*, 2020. Plato con alfileres y cadenas elásticas transparentes montadas sobre él.

Después de 4 semanas de incubación, las cadenas elásticas se volvieron a someter a medición de fuerza utilizando la misma máquina de prueba universal.

Las fuerzas se degradaron significativamente de una media general de 3.97 ± 0.97 N a 1.29 ± 0.39 N después de 4 semanas. Se presentó una correlación positiva muy fuerte entre el grado de elongación y la disminución de la fuerza observada después de 4 semanas. AO y G&H tuvieron las desintegraciones de fuerza media más alta y más baja respectivamente; las cadenas largas y cerradas tenían la desintegración de fuerza más alta y más baja respectivamente. En cuanto a la comparación de las fuerzas residuales (posteriores a la incubación), se mostró que OT y AO tuvieron fuerzas finales medias más altas y más bajas, respectivamente; las cadenas cerradas tenían fuerzas residuales medias más altas que las cadenas cortas y largas. Las cadenas elastoméricas de OT pueden proporcionar una disminución de fuerza no demasiado alta; las cadenas elastomérica de AO pueden mostrar la mayor caída de fuerza mientras tienen las fuerzas residuales más bajas. Las cadenas cerradas mostraron mayores valores iniciales y residuales (y también disminución de fuerza) en comparación con las cadenas cortas o largas. En los grupos G&H y AO, la disminución de fuerza de las cadenas cerradas fue mayor que en las cadenas elastoméricas abiertas; en las cadenas OT correspondiente a las cadenas cerradas mostraron disminuciones de fuerza más bajas.

Aldrees *et al.* (2020) realizaron un estudio donde compararon la fuerza porcentual de desintegración de cadenas elastoméricas de 8 fabricantes diferentes y evaluaron la cantidad de decoloración después de la inmersión en medios dietéticos.

Se analizaron cadenas elastoméricas transparentes y semitransparentes de las marcas 3M, American Orthodontics, Dentaurum, Dentsply, Ormco, Ortho Organizers, Rocky Mountain Orthodontics, TP Orthodontics. Para el análisis de la estabilidad del color se utilizó un espectrofotómetro (ColorEye 7000 A, modelo C6, GretageMacbeth, New Windsor, NY, EE. UU.) Se midió el color de las cadenas elastoméricas al inicio del estudio y luego de ser remojadas en un medio dietético (café, té, cola y vino) en cantidades de 250 ml durante 72 h. Se retiraron las cadenas, se enjuagaron y se tomaron lecturas finales de color.

Para el análisis de fatiga se utilizaron tres plantillas de metal rectangulares. Cada plantilla tiene dos lados con 19 pares de pines separados por una distancia que representa el doble de la longitud original de cada muestra de cadena elastomérica; las plantillas junto con las cadenas se sumergieron en saliva artificial y se conservaron a 37° C en una incubadora imitando las condiciones orales. La caída de la fuerza se midió con un medidor de fuerza electrónico (Shimpo DFS-1; Nidec-Shimpo America Corp., Itasca, EE. UU.) Después de cada medición, las cadenas elastoméricas se volvieron a colocar en la incubadora durante un período de 28 días. Los niveles de fuerza se evaluaron en cinco intervalos de tiempo: inicial, una semana, dos semanas, tres semanas y cuatro semanas.

Para todas las cadenas probadas, se mostró una diferencia significativa en el porcentaje de la fuerza inicial perdida entre las cuatro semanas, excepto OrthoO-Clear y TP-Clear, que no mostraron una diferencia significativa de las fuerzas en la tercera y cuarta semana. Las cadenas de AO y Ormco conservaron la mayor parte de su fuerza inicial, mientras que TP-ToothC, TPElastoCh y OrthoO-Clear retuvieron la menor cantidad de fuerza inicial.

Las cadenas elastoméricas semitransparentes presentaron un cambio de color constante y significativamente menor que las transparentes, el cambio de color fue más significativo en los

productos Dentaurum, GAC, y 3M. TP Orthodontics y Ortho Organizers mostraron la menor decoloración.

Behnaz *et al.* (2017); realizaron un estudio donde evaluaron el efecto de las pastas dentales con agentes blanqueadores, sobre la fatiga de las cadenas elastoméricas.

Se evaluaron 300 muestras de cadenas elastoméricas junto con 4 tipos de pastas (Normal Crest, pasta de dientes blanqueadora Crest, Sensodyne regular y blanqueamiento Sensodyne). Las cadenas elastoméricas se cortaron con seis anillos de longitud, en cada muestra dos anillos en el medio quedaron libres y se utilizaron dos anillos para instalar las muestras en la plantilla. Durante la duración del estudio, las muestras del grupo de control se mantuvieron en agua destilada y las muestras de los grupos experimentales, cada uno de manera independiente, se sumergieron en agua destilada y pasta de dientes una vez al día durante 2 min. Las muestras se mantuvieron en incubadora a 37° C. La fuerza de las muestras se registró en la máquina de ensayo mecánica universal (Instron) a intervalos de 1, 7, 14, 21 y 28 d.

En el momento inicial no hubo diferencia significativa entre los diferentes grupos, un día después de la intervención se observó una diferencia significativa entre todos los grupos excepto los grupos de blanqueamiento Crest regular y blanqueamiento Sensodyne. En los días 7, 14 y 28 la tasa de disminución en todos los grupos fue estadísticamente significativa.

Los resultados mostraron que Normal Crest tuvo menor efecto en la fatiga, después del grupo control, mientras que Sensodyne blanqueamiento tuvo mayor efecto.

Nakhaei *et al.* (2017) evaluaron los cambios de color y degradación de la fuerza de las ligaduras elastoméricas de ortodoncia, en diferentes patrones de estiramiento durante un período de 8 semanas. Para este estudio se seleccionaron dos elastómeros con cambio de color mínimo y dos con máximo y elastómeros grises de dos marcas (American Orthodontics y Ortho Technology), según una encuesta que se realizó a ortodoncistas y se evaluaron los cambios de color después de 4 semanas de uso intraoral.

Se seleccionaron 40 pacientes de ortodoncia fija con buena higiene bucal, se colocaron cuatro elastómeros de color de cada marca en la cavidad bucal de 20 pacientes de cada grupo; se colocaron ligaduras elastoméricas seleccionadas de cada marca en un patrón entrecruzado en los dientes 4 y 5 de cada cuadrante. Después de 30 días se retiraron las ligaduras del ambiente oral, se separaron por cuadrantes y se identificaron por números. Se tomaron fotografías de los elastómeros después de 30 días de uso en cavidad oral, utilizando una cámara digital (Canon EF-S 18-55-IS II, Canon, Osaka, Japón), con una resolución de 10 megapíxeles y una profundidad de color de 12 bits. Para realizar un análisis visual de las ligaduras, se creó una presentación en Power Point.

Se diseñaron y fabricaron dos tipos de plantillas de almacenamiento, para grupos de estiramiento puntual de 1mm, y estiramiento uniforme utilizando una técnica CAD-CAM. Estas plantillas de sujeción, se utilizaron para almacenar los elastómeros durante el tiempo de estudio en recipientes con saliva artificial, en una incubadora a 37° C \pm 1°, bajo una fuerza de tracción. La fuerza se midió

en una máquina de ensayo de materiales (modelo 10 KN, M350-10CT, Testometric Company, Reino Unido). Las ligaduras elastoméricas se estiraron a una velocidad de 5 mm por min.

Se probaron un total de 10 elastómeros de cada color, para determinar la cantidad de fuerza inicial y fuerza residual después de 24 h, 2, 4 y 8 semanas, en los dos grupos con patrones de estiramiento de puntos uniformes y de 1 mm.

Los resultados evidenciaron que los elastómeros rojo y azul, de American Orthodontics, y los elastómeros azul cobalto y rojo de Ortho Technology, fueron los que presentaban mínimo cambio de color; mientras que los elastómeros rosa y rosa chicle de AO, y los elastómeros violeta y fucsia de OT, fueron los que presentaron máximo cambio de color.

En cuanto a la fatiga de las ligaduras elastoméricas, se observó que en ambas marcas y en los dos grupos de patrones de estiramiento, la mayor tasa de disminución de la fuerza se produjo durante las primeras 24 h, y continuó a velocidades más bajas durante el periodo de 8 semanas. Los porcentajes de degradación de la fuerza en todos los elastómeros, fueron más altos en los grupos de estiramiento de 1 mm, que en los grupos de estiramiento uniforme.

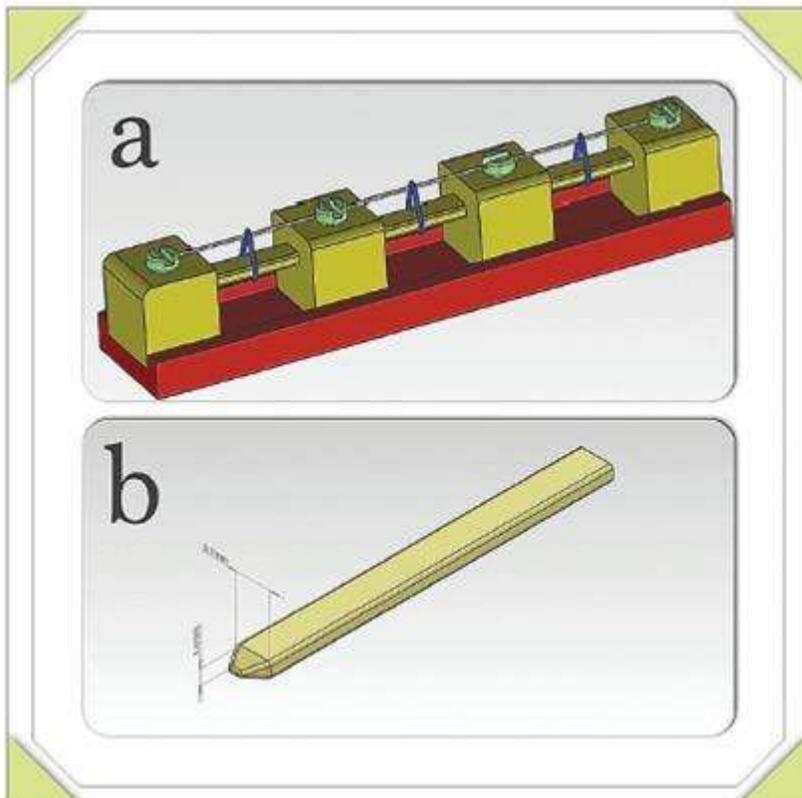


Figura 16. Fuente: Nakhaei *et al.*, 2017. Plantillas fabricadas con CAD-CAM (a = plantilla de estiramiento puntual de 1 mm, b =

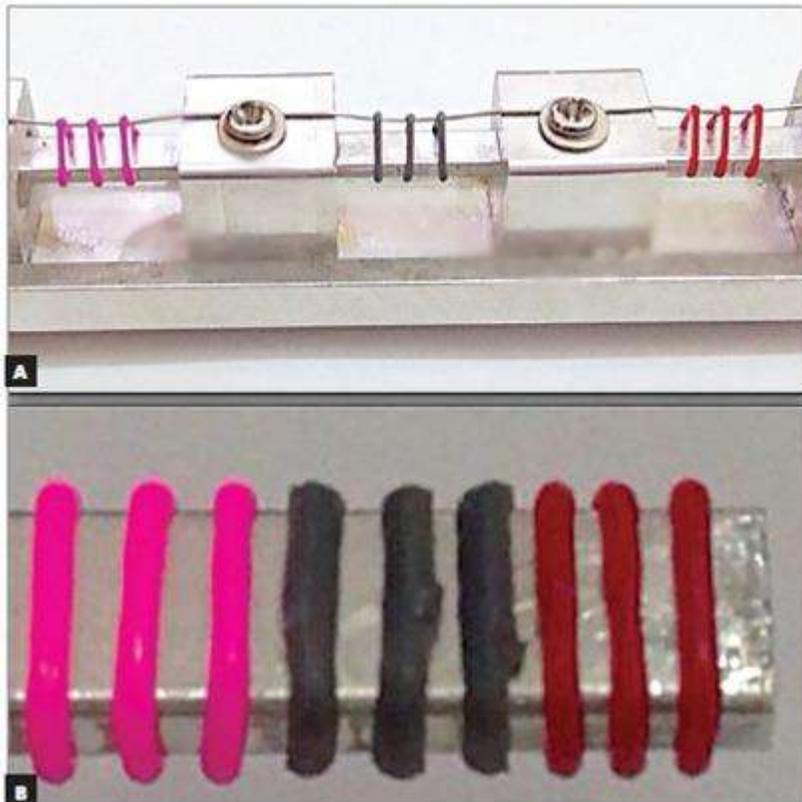


Figura 17. Fuente: Nakhaei *et al.*, 2017. El punto de 1 mm (A) y las plantillas de estiramiento uniforme (B).

Menon *et al.* (2019) realizaron un estudio, para evaluar el efecto de diferentes enjuagues bucales, y sus componentes activos sobre la fuerza de desintegración de las cadenas elastoméricas. Se analizaron siete grupos de muestras, con un tamaño total de 840 muestras. Se utilizaron siete plantillas, cada una con una serie de pasadores colocados a 23.5 mm de distancia, para sujetar las cadenas elastoméricas estiradas a una longitud constante. Los grupos control y de prueba, fueron sumergidos en saliva artificial a 37° C para simular las condiciones orales. Los grupos control y de prueba se expusieron cada uno a las soluciones respectivas, durante 60 s dos veces al día. Se realizaron 6 mediciones en los siguientes intervalos de tiempo: inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días. Las medidas de fuerza se obtuvieron con un medidor de fuerza digital (Lutron FG-5000; Lutron Electronic Enterprise Co Ltd, Taipei, Taiwán).

Todos los grupos de prueba mostraron una disminución de la fuerza, significativamente mayor que el grupo control. El enjuague bucal Listerine a base de alcohol, causó la máxima fuerza de descomposición (71.61%) de las cadenas elastoméricas en 28 días.

El enjuague bucal Clohex Plus (a base de clorhexidina) causó la menor fuerza de descomposición (64.91%) de las cadenas elastoméricas.

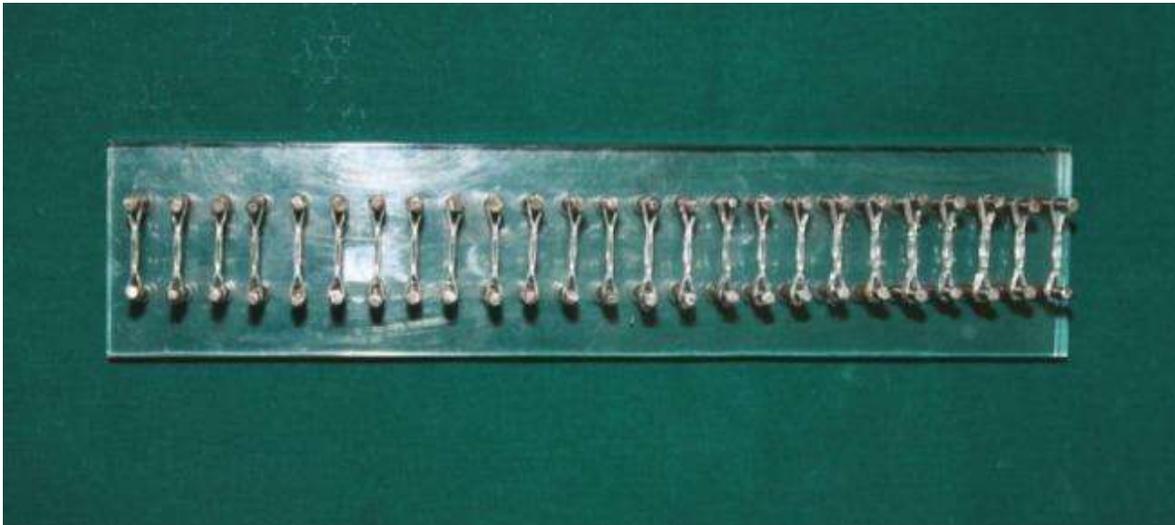


Figura 18. Fuente: Menon et al., 2019. Plantillas a medida con pasadores.



Figura 19. Fuente: Menon et al., 2019. Probador de fuerza Lutron FG-5000 A.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar la eficacia de trabajo y grado de fatiga de cadenas ortodónticas para su empleo en ortodoncia correctiva.

Objetivos Específicos

1. Medir la fuerza de tensión máxima a la fractura por estiramiento de cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, expuestas a condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal y a diferentes tiempos.
2. Identificar el tiempo preciso de fractura en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, expuestas a condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal, con exposición a fuerza de tensión máxima por estiramiento.
3. Determinar el grado de fatiga y deformación en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, a diferentes tiempos de exposición *in vitro*, empleando fuerza de tensión máxima por estiramiento.
4. Comparar la deformación y los fallos por fatiga en las cadenas elastoméricas, sometidas a fuerza de tensión máxima por estiramiento, expuestas a condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal, y sugerir la cadena más estable de todas para su empleo en ortodoncia correctiva.
- 5.- Determinar a diferentes tiempos y en condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal, la fuerza efectiva de trabajo, para la aplicación terapéutica de las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, Borgatta y American Orthodontics, y señalar a las que se encuentran dentro del rango clínicamente aceptado.
- 6.- Determinar el grado de fatiga y deformación en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, a diferentes tiempos de exposición *in vitro*, empleando la fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica.
- 7.- Comparar la deformación y los fallos por fatiga en las cadenas elastoméricas, sometidas a la fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica, expuestas a condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal, y sugerir la cadena más estable de todas para su empleo en ortodoncia correctiva.
- 8.- Sugerir de las cadenas evaluadas, aquéllas con mejores propiedades físicas y mecánicas para su aplicación clínica en la clínica de ortodoncia.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Las cadenas elastoméricas son ampliamente utilizadas en ortodoncia debido a que son efectivas, fáciles de usar, con colores agradables para cada paciente y muy cómodas (Behnaz *et al.*, 2018). Gracias a ellas se pueden realizar movimientos dentarios durante la nivelación, alineación y desrotación, retracción de caninos/incisivos, cierre de espacios, corrección de la línea media, retención de ortodoncia, desplazamiento mesial de los cuadrantes posteriores y tracción de dientes impactados (Halimi *et al.*, 2013). Aunque la característica principal de las cadenas es volver a su longitud original para ejercer fuerza, se han realizado varios estudios en donde se demuestra que existe una disminución en la fuerza por fatiga (Behnaz *et al.*, 2018). En los últimos tiempos se han introducido cadenas elastoméricas con propiedades mejoradas, que proporcionan una mayor eficacia durante la mecánica (Baratieri *et al.*, 2018). Sin embargo, los cambios en la cantidad de fuerza que administran con el tiempo, conducen a problemas de control terapéutico que pueden afectar su eficacia y eficiencia clínicas (Halimi *et al.*, 2013).

Existen muchas marcas de cadenas elastoméricas en el mercado, y cada casa comercial promueve las propiedades y ventajas de sus cadenas elastoméricas; sin embargo, no se habla de si existe una disminución en la fuerza, o de cuánto es esa disminución de fuerza por fatiga que presenta cada una de ellas. Por lo que en éste estudio se realiza una comparación de la disminución de fuerza de las cadenas elastoméricas, cuando se exponen al medio bucal. El estudio contempló las marcas: Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta. Lo que lo hace un proyecto viable y factible, ya que se cuentan con los medios al alcance y necesarios para llevarlo a cabo. Cabe mencionar que estas marcas son las más comúnmente empleadas en nuestro medio y en México.

Es relevante y significativo debido a que realizar este estudio permitirá al ortodoncista identificar la eficiencia a la fuerza de trabajo que presentan las cadenas elastoméricas. El objetivo final sería el poder elegir a conciencia y desde una base científica, la más idónea para realizar el tratamiento de ortodoncia; lo cual traería consigo un mayor conocimiento para la obtención mejores resultados durante el tratamiento en nuestras clínicas de ortodoncia.

El estudio es pertinente, ya que al comparar el grado de la fatiga de las cadenas elastoméricas de las diferentes marcas, sería posible elegir la más resistente y eficaz para el tratamiento de ortodoncia que las involucre.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA

La eficiencia de la fuerza de trabajo y el grado de fatiga de las cadenas elastoméricas más empleadas en la clínica de ortodoncia, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se mantienen constantes y de manera similar, bajo fuerzas de tensión al estiramiento, en condiciones de temperatura y humedad *in vitro*.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

La eficiencia de la fuerza de trabajo y el grado de fatiga de las cadenas elastoméricas más empleadas en la clínica de ortodoncia, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, disminuye y varía entre ellas, bajo fuerzas de tensión por estiramiento, en condiciones de temperatura y humedad *in vitro*.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La eficiencia de la fuerza de trabajo y el grado de fatiga de las cadenas elastoméricas de diferentes casas comerciales ortodónticas más empleadas en la clínica de ortodoncia de la Universidad Michoacana, puede verse afectada entre ellas, cuando son expuestas a fuerza de tensión por estiramiento, en condiciones similares al del medio bucal?

Material y métodos

MATERIAL Y MÉTODOS

SELECCIÓN DE MUESTRAS

Para este estudio *in vitro* se analizaron cinco marcas diferentes de cadenas elastoméricas abiertas (Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), American Orthodontics (E.U.A) y Borgatta (México)).

Criterios de inclusión:

Cadenas elastoméricas blancas abiertas, sin marcas, nuevas, en buen estado de conservación según las especificaciones del fabricante.

Criterios de exclusión:

Todas aquellas cadenas elastoméricas caducas, que presentaban algún tipo de ruptura o desgarre.

ELABORACIÓN DE PLANTILLA

Se utilizó una plantilla prefabricada de madera de 20x30cm, con 50 pares de pines de acero inoxidable de 19mm. Se insertaron los pines en la plantilla dispuestos en 5 hileras con 10 pares de pines cada una colocados en paralelo cada par; separados uno de otro a una distancia de 25mm, que es la distancia estándar sugerida entre el canino y el primer molar después de la extracción del diente (Behnaz *et al.*, 2018).

Se roció la plantilla con pintura negra mate en aerosol Byp (México); se dejó secar durante 24 horas, se colocaron etiquetas impresas para identificar cada una de las muestras, y se cubrió cada etiqueta con cinta diurex transparente, se colocó una gota de Resistol 850 en cada pin para brindarle una mayor resistencia.

Se colocaron tres capas de Barniz Marino transparente SayerLack (Italia) con una brocha para pintura de cerda natural blanca (Byp, México, 2003); se dejó secar el barniz entre una aplicación y otra por un lapso de 24 horas. (ilustración 22).

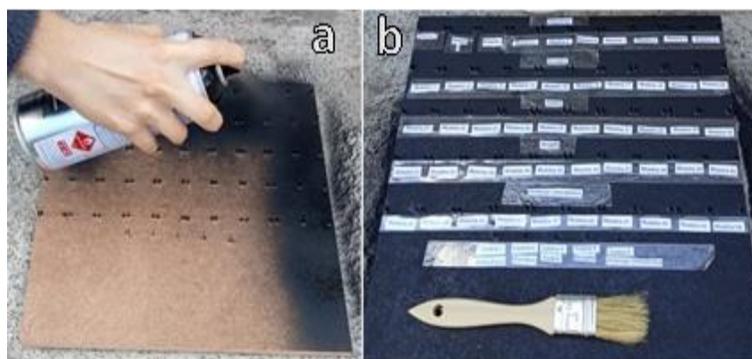


Figura 22. Elaboración de plantilla; a) Recubrimiento de plantilla con pintura en aerosol color negro mate; b) colocación de etiquetas en la plantilla y barniz marino.

PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Para cada muestra se cortó un trozo de cadena con 4 eslabones cada uno. Los eslabones que estaban al extremo se utilizaron para ser fijados en los pines de la plantilla con ayuda de pinzas mathieu Arain (Pakistán), de tal manera que quedaron dos eslabones libres entre un pin y otro, separados a una distancia de 25mm. Los grupos de muestras fueron sumergidos dentro de una charola de aluminio de acero inoxidable de 25x36cm en un medio oral simulado al de la cavidad bucal en estufa de calor a 37°C y en condiciones de humedad. (Ilustración 23).

Se colocó cada grupo de muestras de las marcas Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), Borgatta (México) y American Orthodontics (USA) a diferentes intervalos de tiempo; 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas. Y el grupo de muestras control, de cadenas elastoméricas sin estirar de las marcas Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), Borgatta (México) y American Orthodontics (USA).

En un portamuestras para microscopio de barrido, se colocó cinta conductora de carbono de doble cara para microscopio de barrido, se retiraron las muestras de la plantilla con pinzas mathieu Arain (Pakistán) y se colocó cada grupo de muestra en el portamuestras; se metalizaron en un recubridor por pulverización catódica S150A Edwards (USA), para poder ser observadas en el microscopio de barrido JEOL (Japón). (Ilustración 24). Para su observación se eligió una zona al azar de las cadenas elastoméricas, que fue el segundo eslabón en la zona modular de cada marca de cadena elastomérica.

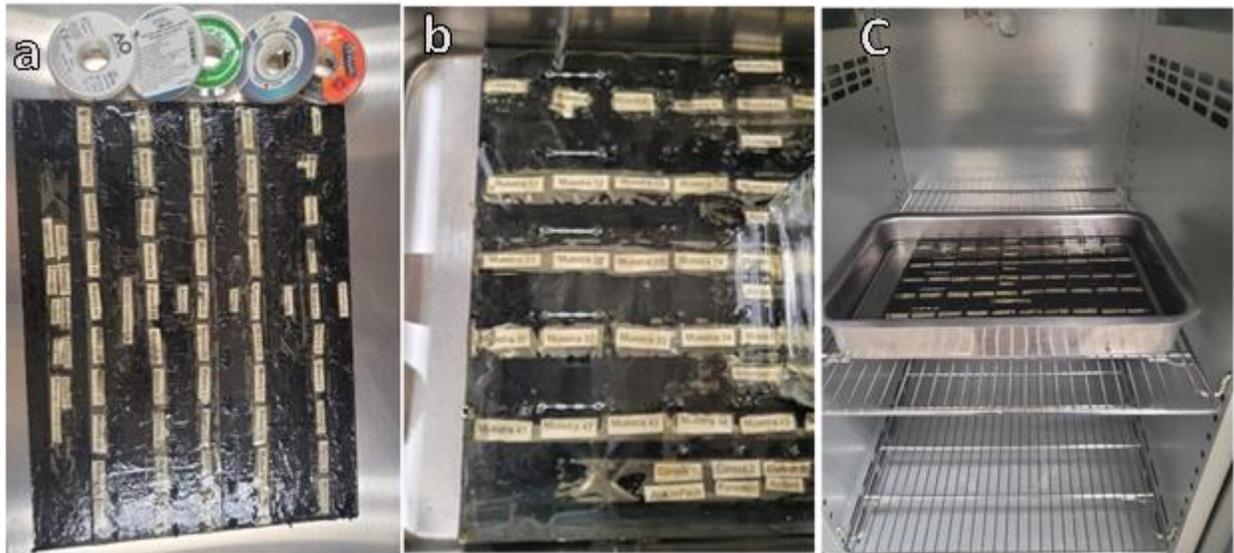


Figura 23. a) plantilla y cadenas elastoméricas; b) Colocación con pinzas mathieu de 4 eslabones de cadenas elastoméricas en pines a una distancia de 25mm entre uno y otro; c) plantilla en estufa de calor a 37°C.

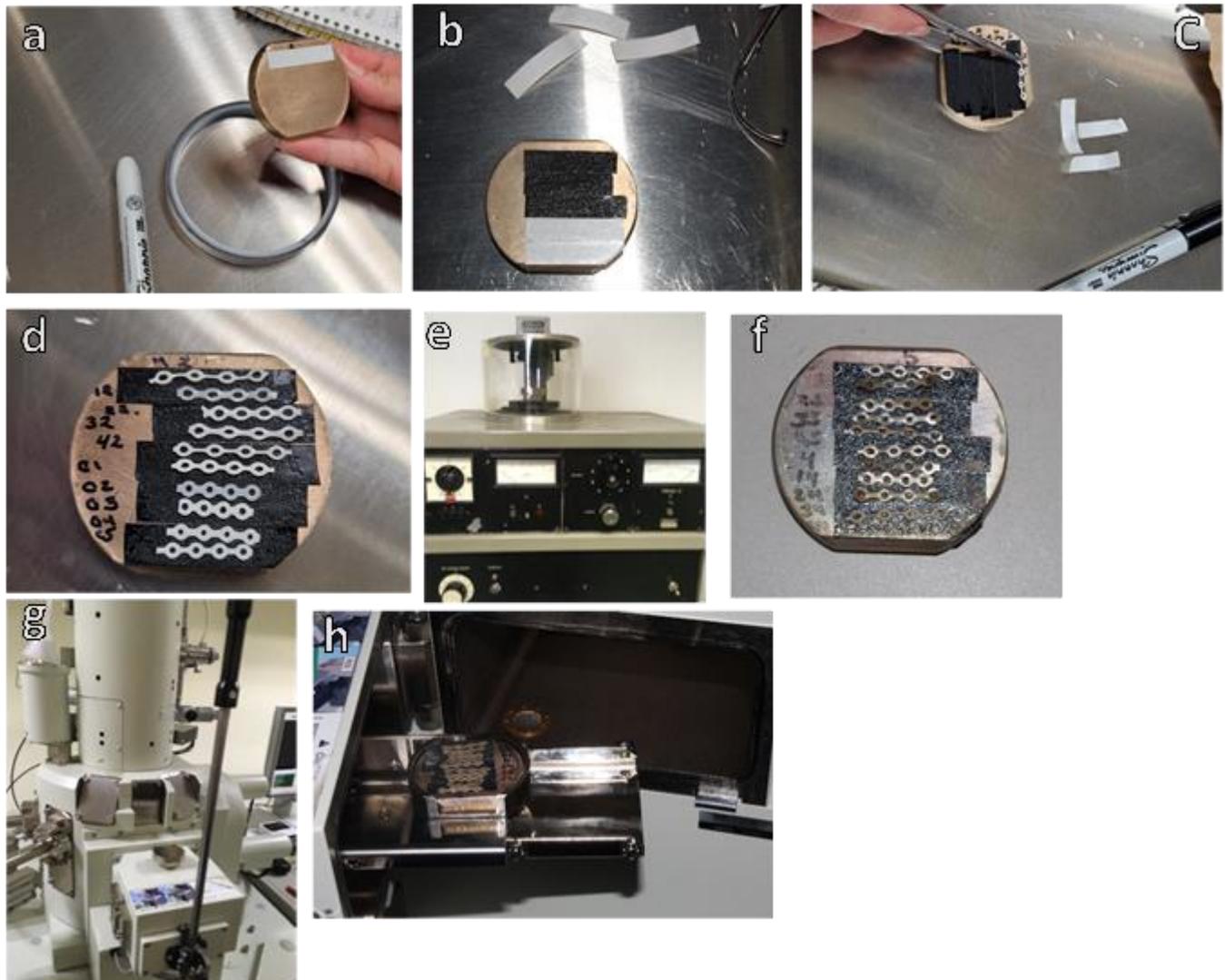


Figura 24. a) colocación de cinta conductor de carbono de doble cara en portamuestras; b) portamuestras con cinta conductora de carbono de doble cara; c) colocación de cadenas en portamuestras; d) cadenas en portamuestras; e) metalización de muestras; f) muestras metalizadas; g) microscopio de barrido para observación de muestras; h) colocación de muestras en microscopio de barrido.

MEDICIÓN DE RESISTENCIA MÁXIMA DE LAS MUESTRAS

Se colocó las cadenas elastoméricas blancas abiertas de las marcas Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), Borgatta (México), American Orthodontics (USA) en la plantilla a diferentes intervalos de tiempo, 0h (sin estirar), 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas. Se retiraron las muestras sometidas a estiramiento en los diferentes

intervalos de tiempo, con ayuda de unas pinzas mathieu y se colocaron en una máquina de ensayo universal Zwick Roell Z100 (Alemania) manejada por un operador experto, para medir la fuerza de las cadenas elastoméricas hasta la ruptura.

Los resultados de cada una de las mediciones que se realizó durante el estudio fueron registrados en una hoja de cotejo en la cual se indicó la marca de cadena elastoméricas, la distancia y tiempo de estiramiento. Al final del periodo de tiempo experimental se comparó cual marca de las cadenas elastoméricas conservó mejor sus propiedades. Estos datos se registraron y se realizaron las manipulaciones estadísticas apropiadas comparando los grupos y se presentaron en los resultados.

Las cadenas elastoméricas de American Orthodontics (USA) se utilizaron como control positivo (grupo 1), el grupo de estudio 2, fueron las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech (México), y las cadenas elastoméricas Eurodent(México), Azdent (China), American Orthodontics (USA) y Borgatta (México), el grupo 3, grupo 4 y grupo 5, respectivamente.

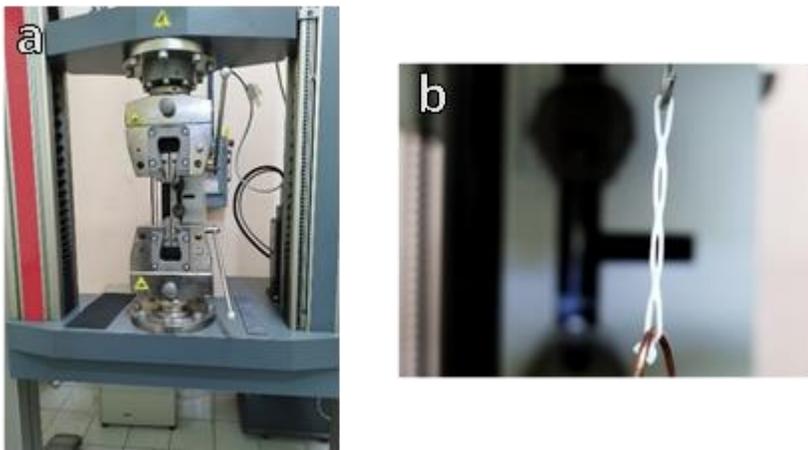


Figura 25. a) colocación de cadena elastomérica en máquina de ensayos universal Zwick Roell Z100 (Alemania) b) cadena elastomérica siendo estirada en máquina de ensayos universal Zwick Roell Z100 (Alemania).

MEDICIÓN DE LA FUERZA TERAPÉUTICA DE LAS MUESTRAS

En el tercer grupo de muestras de cadenas elastoméricas, se midió la fuerza con un dinamómetro de mano a diferentes intervalos de tiempo 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas. Cada cadena elastomérica fue colocada con ayuda de las pinzas mathieu en uno de los pines de la plantilla, y se registró la fuerza tomando con el dinamómetro el último eslabón de la cadena y se estiró 25 mm (que es la distancia en la que se encontraba colocado el segundo pin). Una vez realizado el registro con ayuda de las pinzas mathieu, se colocó cada muestra sobre una hoja milimetrada para medir la longitud de las cadenas elastoméricas. Todos los registros se realizaron en una hoja cotejo, en donde se indicó el número de muestra, la marca de cadena elastomérica, el tiempo de estiramiento, la longitud de la cadena elastomérica y la fuerza registrada en gramos como se muestra en el cuadro 2.

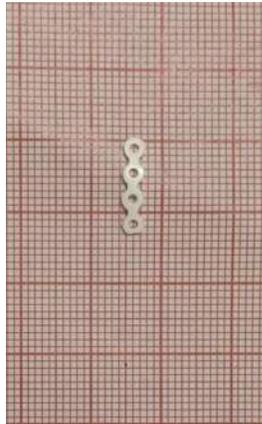


Figura 26. Medición de la longitud de cadenas elastoméricas en hoja milimetrada.

RESULTADOS

RESULTADOS

Resultados imágenes a partir de MEB.

0 h: Se muestran las imágenes de las diferentes marcas comerciales de cadenas elastoméricas sin estirar (0 horas) utilizadas en este estudio, vistas en el microscopio electrónico de barrido. Las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech (México), presentaron una estructura fibrosa. Las cadenas elastoméricas Eurodent (México) presentaron una estructura entrecruzada. La marca Azdent (China) presentó una superficie fibrosa. La marca Borgatta (México) presentó una estructura fibrosa y lineal, mientras que la cadena elastomérica de la marca American Orthodontics presentó una estructura más lisa que las demás cadenas. ilustración 27.

1h: El grupo de muestras que fueron estiradas durante 1 hora no presentaron modificaciones en su superficie. Ilustración 28.

12 h: A las 12 horas de estiramiento se observó que las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech (México), presentaron pequeñas zonas de abombamiento en su superficie; las cadenas elastoméricas de la marca Eurodent (México) presentaron de igual forma zonas de abombamiento, así como la presencia de grietas en la zona modular, la marca Azdent (China) presentó zonas de abombamiento en su superficie y grietas en algunas regiones de la zona modular. La marca Borgatta (México) presentó rugosidades en su superficie y grietas en zona modular donde se unen entre sí. La marca American Orthodontics (USA) no presentó grietas en su zona modular. Ilustración 29.

24 h: A las 24 horas de estiramiento se observó que las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech (México) presentaron una superficie irregular con la presencia de grietas en la zona modular, las de la marca Eurodent (México) presentaron grandes zonas de abombamiento en la superficie modular, las cadenas elastoméricas de la marca Azdent (China) presentaron una superficie modular irregular ondulada; la marca Borgatta (México) presentaron ondulaciones en su superficie y la presencia de grietas paralelas entre sí, las cadenas elastoméricas de la marca American Orthodontics (USA) no se observaron grietas en la superficie. Ilustración 30.

48 h: A las 48 horas de estiramiento las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech (México) se observaron una superficie rugosa con ondulaciones y grietas en la zona modular, las de la marca Eurodent (México) presentaron, una superficie ondulada, así como la presencia de pequeñas zonas de ruptura de fibras en la zona modular, la marca Azdent (China) presentó una superficie ondulada, así como la presencia de descamaciones y grietas en algunas regiones de la zona modular. Las cadenas elastoméricas de la marca Borgatta (México) presentaron una superficie ondulada, así como la presencia de grietas en la zona modular; en cuanto a la marca American Orthodontics (USA), no presentaron deformaciones en su zona modular. Ilustración 31.

72 h: A las 72 horas de estiramiento, la cadena elastomérica de la marca Ah Kim Pech (México) presentó zonas de abombamiento en la superficie, así como la aparición de grietas en algunas regiones de la zona modular de la cadena elastomérica. La cadena elastomérica de la marca Eurodent (México) presentó ondulaciones en la superficie y zonas de ruptura de fibras en la región modular. La cadena elastomérica de la marca Azdent (China), presentó abultamientos en su superficie y presencia de grietas en algunas regiones de la zona modular. La cadena elastomérica de la marca Borgatta (México) presentó ondulaciones en su superficie y grietas en la zona

modular. En cuanto a la marca American Orthodontics (USA) no se observaron grietas ni deformaciones en la zona modular. Ilustración 32.

7 d: A la semana de estiramiento las cadenas elastoméricas de las cinco marcas comerciales utilizadas en este estudio, presentaron un notable alargamiento en el diámetro del ojal de cada una de las cadenas elastoméricas. La marca Ah Kim Pech (México, presentó en su superficie zonas de ruptura en la superficie modular. La marca Eurodent (México) presentó ruptura de las fibras en su superficie modular, la marca Azdent (China) en su superficie presentó ruptura de fibras en toda su superficie modular, la marca Borgatta (México) presentó ruptura de fibras más espaciadas, una de otra en la superficie modular. La marca American Orthodontics (USA) no mostró irregularidades en su superficie. Ilustración 33.

14 d: A las 2 semanas de estiramiento se observó que la cadena elastomérica de la marca Ah Kim Pech (México) presentó ruptura de las fibras en algunas regiones de la zona modular, las de la marca Eurodent (México) presentaron una superficie rugosa, así como grietas y ruptura de las fibras, la marca Azdent (China), presentaron rugosidades así como la presencia de numerosas grietas y ruptura de las fibras de la cadena elastomérica. La marca Borgatta (México) presentó ruptura de sus fibras, así como grietas en la zona modular. En la marca American Orthodontics (USA) no se observaron grietas o ruptura de las fibras. Ilustración 34.

21 d: A las 3 semanas de estiramiento las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech (México) presentaron pequeñas grietas y regiones de grandes rupturas de las fibras de la cadena elastomérica, la marca Eurodent (México) presentó regiones con ruptura de las fibras en la zona modular. La marca Azdent (China) presentó grandes grietas en la zona modular, la marca Borgatta (México) su superficie presentó grandes zonas con ruptura de fibras. La marca American Orthodontics (USA) no mostró grietas ni ruptura de sus fibras en su zona modular. Ilustración 35.

28 d: A las 4 semanas de estiramiento la cadena elastomérica de la marca Ah Kim Pech (México) presentó, en su superficie grandes zonas de ruptura de sus fibras, en la marca Eurodent (México) se encontró ruptura de sus fibras en toda la superficie modular, la marca Azdent (China) presentó grandes zonas de ruptura de fibras en su superficie. La marca Borgatta (México) presentó una superficie rugosa, así como la presencia de grietas en la zona modular, la marca American Orthodontics (USA) no presentó grietas ni ruptura de fibras en su superficie modular. Ilustración 36.

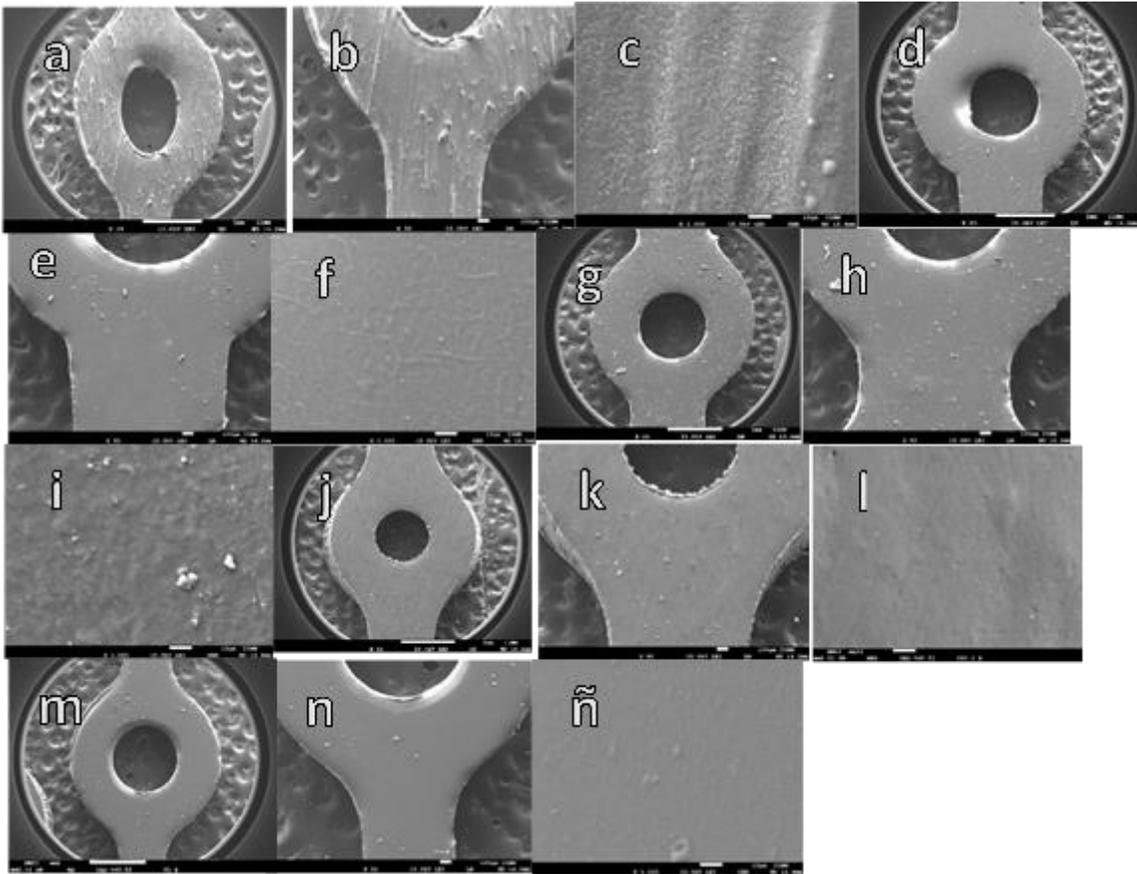


Figura 27. Cadenas elastoméricas sin estirar. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 50x, c) C.E Ah Kim Pech vista MEB 1000x d) C.E. Eurodent vista en MEB 25X, e) C.E Eurodent vista en MEB 50x, f) C.E. Eurodent vista en MEB 1000X, g) C.E Azdent vista en MEB 25x, h) C.E Azdent vista en MEB 50x, i) C.E Azdent vista en MEB 1000x, j) C.E. Borgatta vista en MEB 25x k) C.E Borgatta vista en MEB 50x, l) C.E Borgatta vista en MEB 1000x, m) C.E AO vista en MEB 25x, n) C.E. AO vista en MEB 50x, ñ) C.E. AO vista en MEB 1000x.

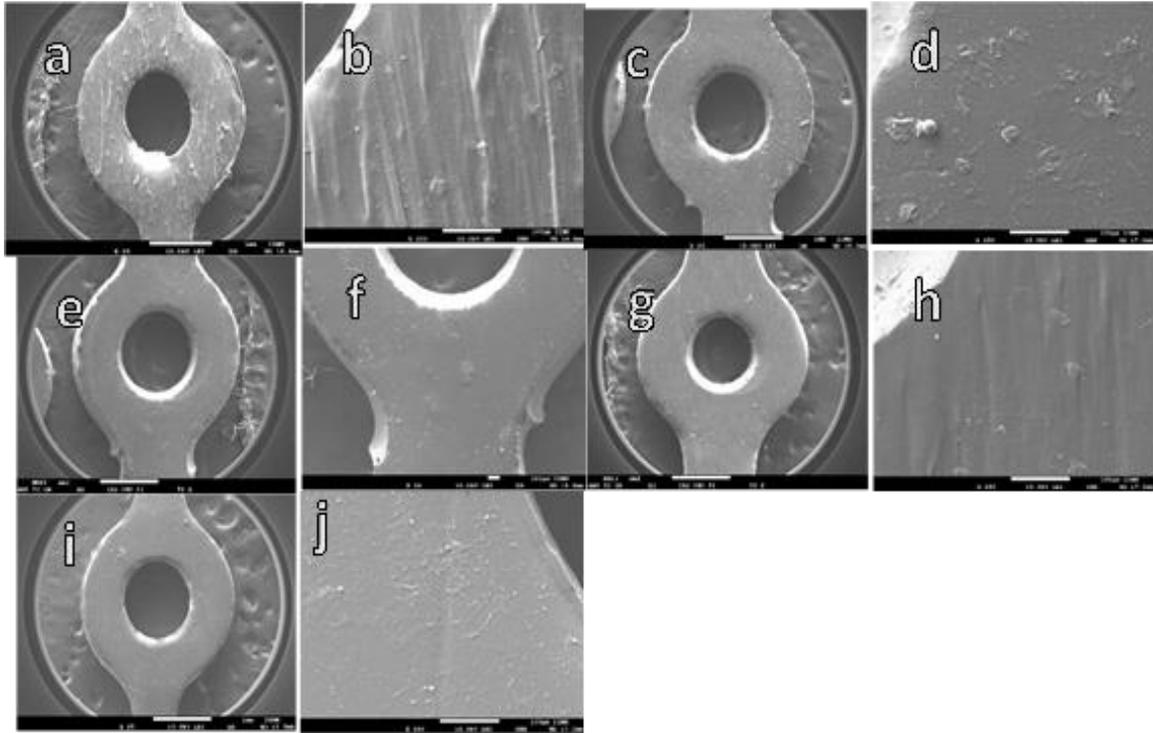


Figura 28. Cadenas elastoméricas estiradas durante 1 hora. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 250x, c) C.E Eurodent vista MEB 25x d) C.E. Eurodent vista en MEB 250X, e) C.E Azdent vista en MEB 25x, f) C.E. Azdent vista en MEB 50x, g) C.E Borgatta vista en MEB 25x, h) C.E Borgatta vista en MEB 250x, i) C.E AO vista en MEB 25x, j) C.E. AO vista en MEB 250x.

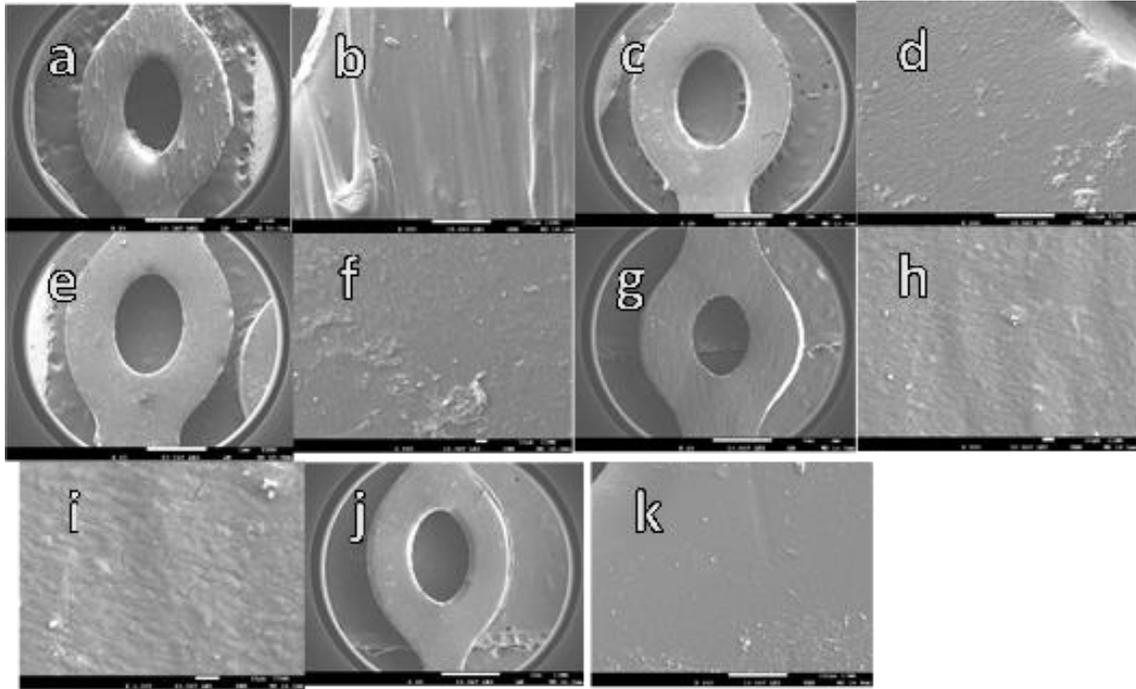


Figura 29. Cadenas elastoméricas estiradas durante 12 horas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 250x, presenta superficie con deformaciones. c) C.E. Eurodent vista en MEB 25X, d) C.E Eurodent vista en MEB 250x, presenta deformaciones en la superficie y pequeñas grietas en la zona modular, e) C.E. Azdent vista en MEB 25x. f) C.E Azdent vista en MEB 500x, presenta deformación en su superficie, grietas en zona modular. g) C.E Borgatta vista en MEB 25x. h) C.E Borgatta vista en MEB 500x, deformación de superficie, grietas en zona modular. i) C.E. Borgatta vista en MEB 1000x., grietas en la superficie modular. j) C.E AO vista en MEB a 25x. k) C.E. AO vista en MEB 250X, superficie lisa sin grietas.

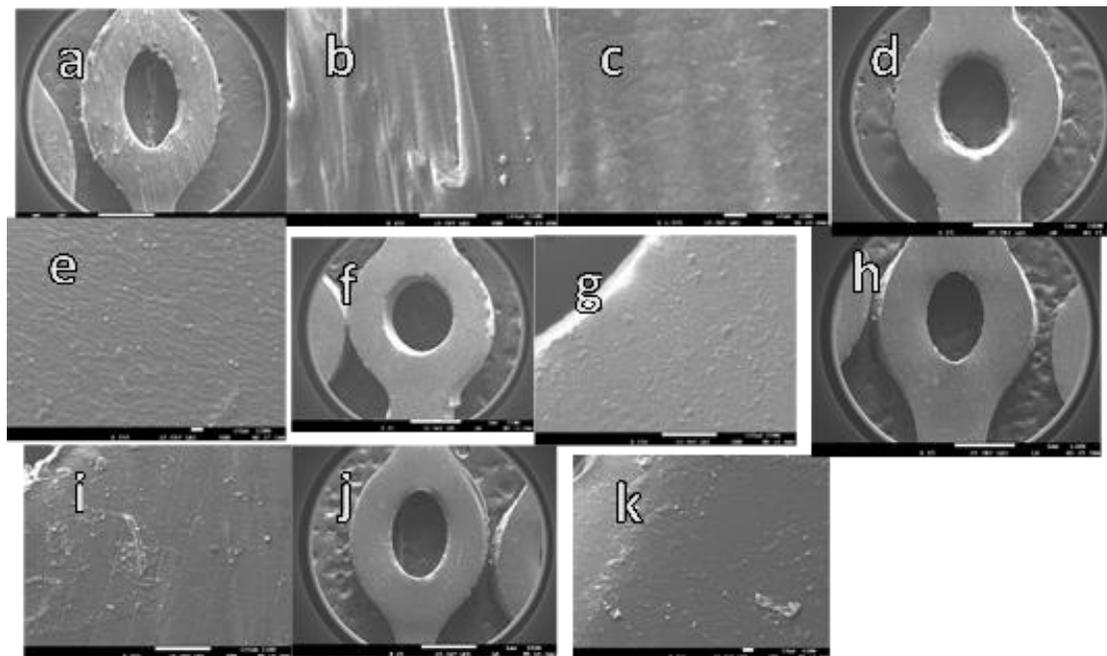


Figura 30. Cadenas elastoméricas estiradas durante 24 horas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 250x, superficie con deformaciones. c) C.E Ah Kim Pech vista MEB 1000x, se observa grietas en la superficie modular. d) C.E. Eurodent vista en MEB 25X, e) C.E Eurodent vista en MEB 500x, presenta deformaciones en la superficie modular, f) C.E. Azdent vista en MEB 25x. g) C.E Azdent vista en MEB 500x, presenta deformación en su superficie h) C.E Borgatta vista en MEB 25x. i) C.E Borgatta vista en MEB 250x, deformación de superficie, grietas paralelas entre sí en zona modular. j) C.E. AO vista en MEB 25x. k) C.E. AO vista en MEB 500x, sin deformación de superficie modular.

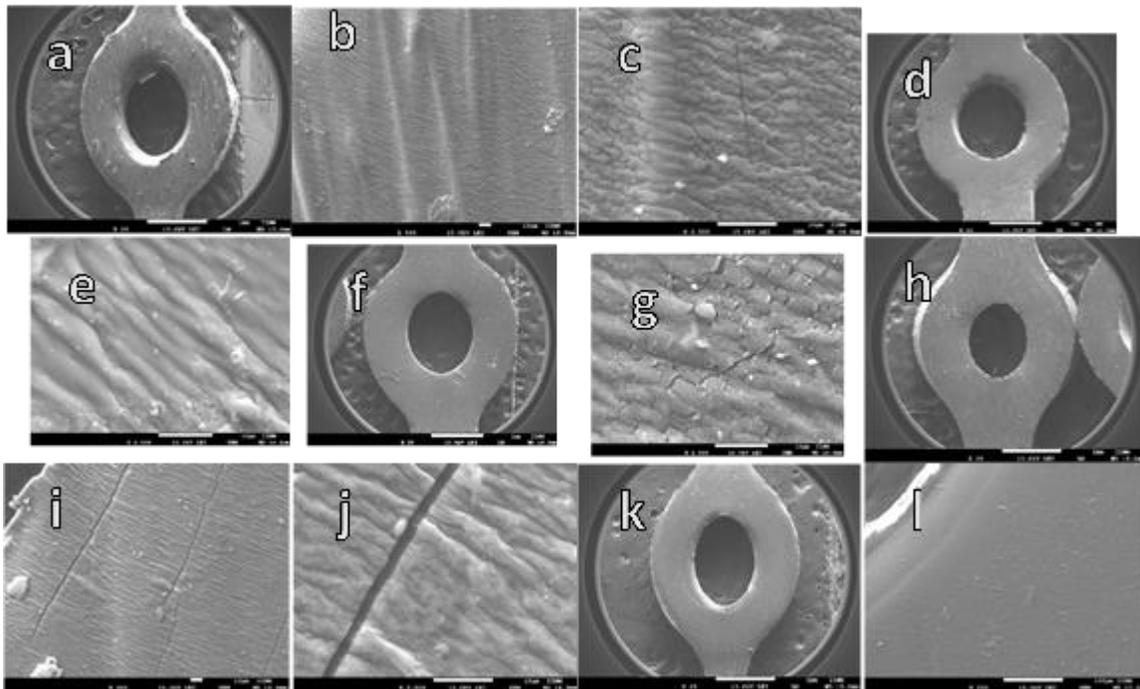


Figura 31. Cadenas elastoméricas estiradas durante 48 horas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 500x presencia de grietas y deformación de su superficie, c) C.E Ah Kim Pech vista MEB 2500x, superficie muy deformada y grietas d) C.E. Eurodent vista en MEB 25X, e) C.E Eurodent vista en MEB 2500x, presenta deformaciones marcadas ruptura de fibras en la superficie modular, f) C.E. Azdent vista en MEB 25x. g) C.E Azdent vista en MEB 2500x, presenta deformación en su superficie, zonas de descamación y grietas en superficie modular. h) C.E Borgatta vista en MEB 25x. i) C.E Borgatta vista en MEB 500x, deformación de superficie, grietas paralelas entre sí. j) C.E. Borgatta vista en MEB 2500x., grietas en la superficie modular. k) C.E AO vista en MEB a 25x. l) C.E. AO vista en MEB 250X, no hay deformación de la superficie.

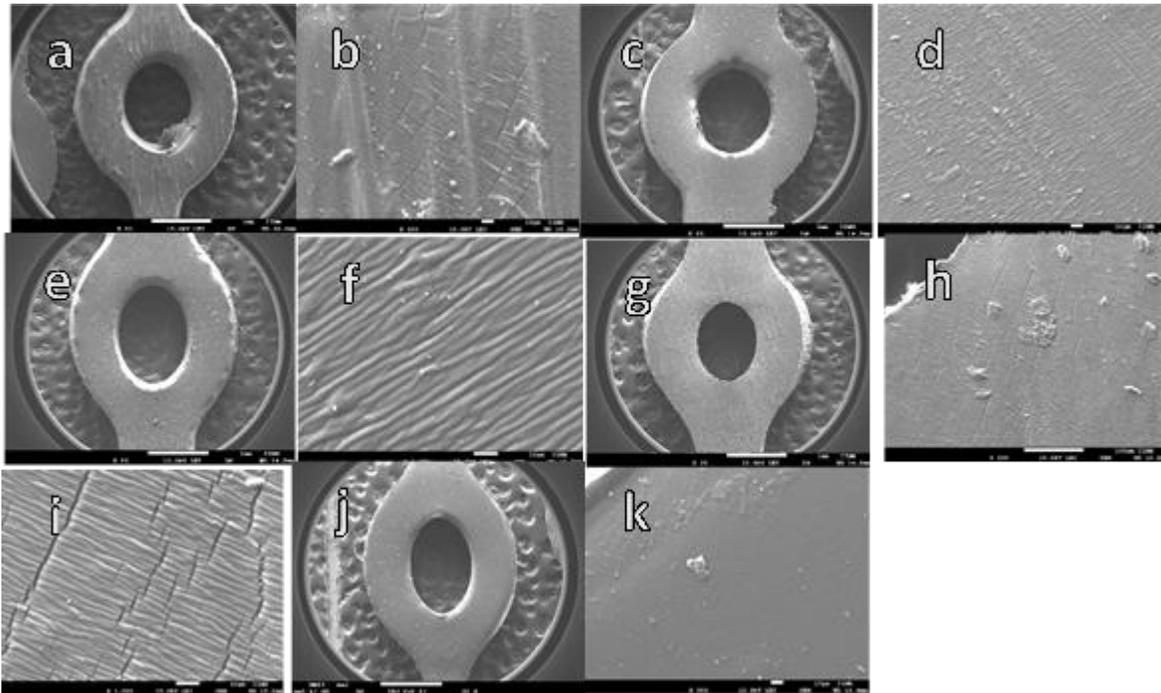


Figura 32. Cadenas elastoméricas estiradas durante 72 horas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 500x presencia de grietas y deformación de su superficie, c) C.E Eurodent vista MEB 25x d) C.E. Eurodent vista en MEB 500X, presenta deformaciones y ruptura de fibras en su superficie e) C.E Azdent vista en MEB 25x, f) C.E. Azdent vista en MEB 1000x, presenta deformación de su superficie y la presencia de ligeras grietas. g) C.E Borgatta vista en MEB 25x, h) C.E Borgatta vista en MEB 250x, presenta deformación de su superficie, numerosas grietas en la zona modular. i) C.E Borgatta vista en MEB 1000x, grandes y pequeñas grietas, deformación de la superficie de la C.E. j) C.E. AO vista en MEB 25x. k) C.E AO vista en MEB a 500x no hay deformación de la superficie.

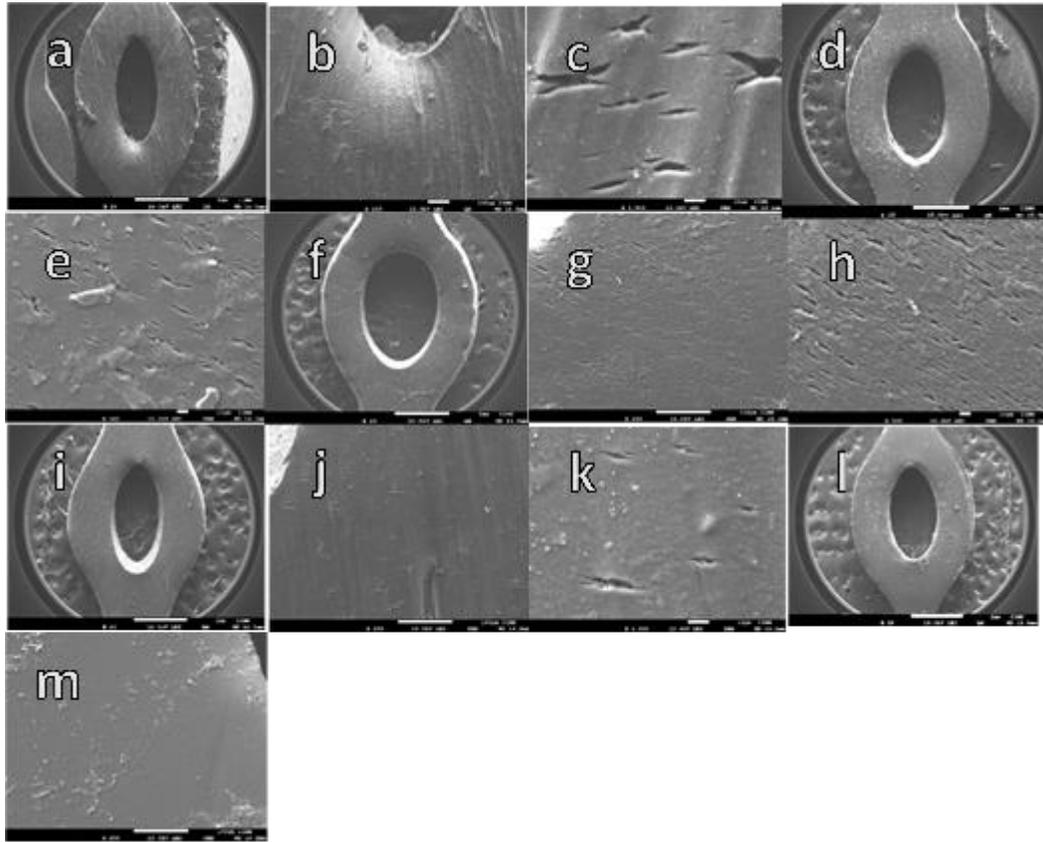


Figura 33. Cadenas elastoméricas estiradas durante 1 semana. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 500x, presenta superficie con ruptura de fibras. c) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 1000X, ruptura de fibras. d) C.E Eurodent vista en MEB 25x e) C.E. Eurodent vista en MEB 500x, pequeñas y grandes marca de ruptura de fibras. f) C.E Azdent vista en MEB 25x. g) C.E Azdent vista en MEB 250x ruptura de fibras en zona modular. h) C.E Azdent vista en MEB 500x, múltiples marcas de ruptura de fibras. i) C.E. Borgatta vista en MEB 25x. j) C.E. Borgatta vista en MEB 250x, marca de ruptura de fibras en zona modular k) C.E. Borgatta vista en MEB 1000x ruptura de fibras en su superficie. l) C.E. AO vista en MEB 25x m) C.E. AO vista en MEB 250x, no se observan irregularidades en su superficie.

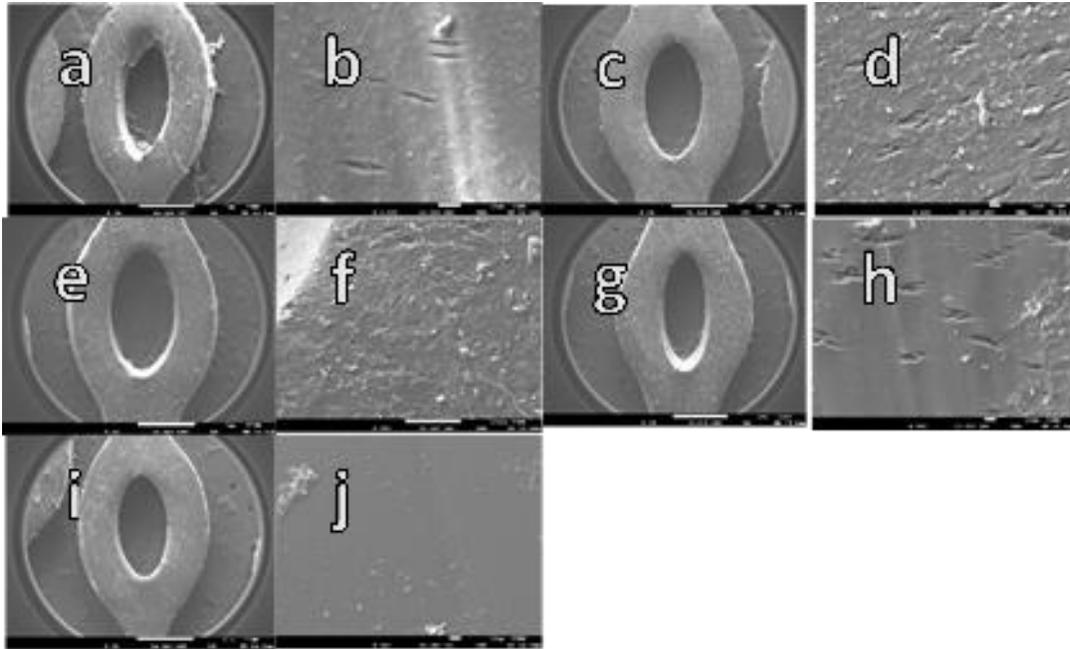


Figura 34. Cadenas elastoméricas estiradas durante 2 semanas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 1000x, presenta superficie con ruptura de fibras. c) C.E. Eurodent vista en MEB 25x. d) C.E Eurodent vista en MEB 500x, presenta ruptura de fibras en la superficie modular. e) C.E. Azdent vista en MEB 25x. f) C.E Azdent vista en MEB 250x, ruptura de fibras y grietas en superficie modular. g) C.E Borgatta vista en MEB 25x. h) C.E Borgatta vista en MEB 500x, ruptura de fibras en zona modular. I) C.E AO vista en MEB 25x. j) C.E. AO vista en MEB a 500x no se observan irregularidades en su superficie.

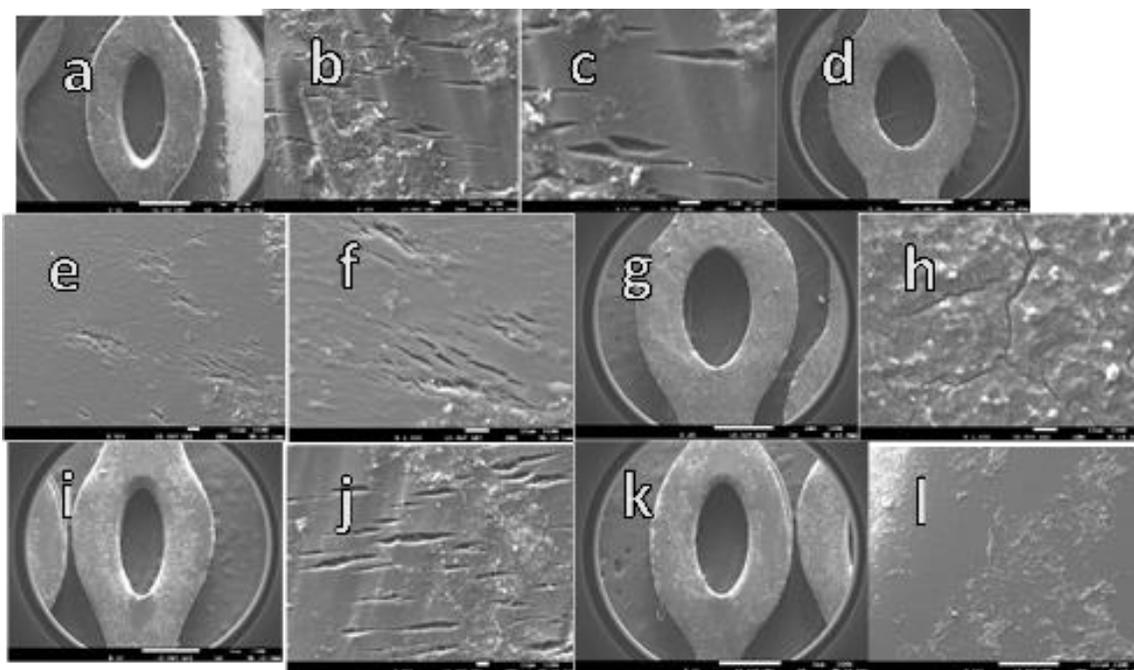


Figura 35. Cadenas elastoméricas estiradas durante 3 semanas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 500x, grietas zona modular c) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 1000x, ruptura de fibras. d) C.E Eurodent vista en MEB 25x. e) C.E. Eurodent vista en MEB 500x zonas con ruptura de fibras en su superficie. f) C.E Eurodent vista en MEB 1000x, ruptura de fibras en superficie modular. g) C.E Azdent vista en MEB 25x. h) C.E Azdent vista en MEB 1000x, grietas en zona modular. i) C.E Borgatta vista en MEB 25x. j) C.E. Borgatta vista en MEB a 500x grandes zonas de ruptura de fibras de zona modular. K) C.E AO vista en MEB 25x. l) C.E. AO vista en MEB 250x, no se observa irregularidades en su superficie.

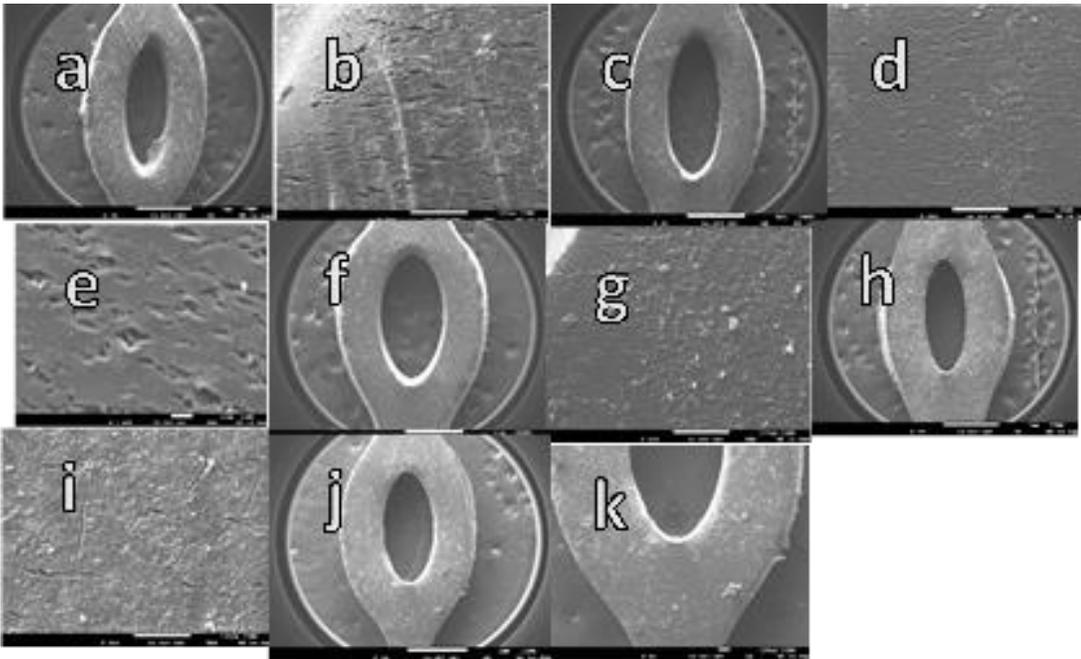


Figura 36. Cadenas elastoméricas estiradas durante 4 semanas. a) C.E Ah Kim Pech vista en MEB 25x, b) C.E. Ah Kim Pech vista en MEB 250x, grandes zonas de ruptura de fibras en la superficie modular c) C.E. Eurodent vista en MEB 25x. d) C.E Eurodent vista en MEB 250x, zonas con ruptura de fibras. e) C.E. Eurodent vista en MEB 1000x, ruptura de fibras en su superficie. f) C.E Azdent vista en MEB 25x. g) C.E Azdent vista en MEB 250x ruptura de fibras en la superficie modular. h) C.E Borgatta vista en MEB 25x. i) C.E Borgatta vista en MEB 250x, grietas en zona modular. j) C.E. AO vista en MEB a 25x. k) C.E AO vista en MEB 250x., no presenta grietas, ni ruptura en su superficie.

Resistencia máxima a la fuerza de tensión por estiramiento

Los resultados muestran la fuerza en gramos, registrada en el momento del rompimiento de las cadenas elastoméricas de las cinco marcas comerciales utilizadas en este estudio, y se presentan en el cuadro 1. Se comparó la fuerza de tensión máxima en gramos registrada de las cadenas elastoméricas, que fueron sometidas a estiramientos durante 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas.

Los grupos de cadenas elastoméricas por marca, evidenciaron cifras de fuerza tensional máxima variable, en donde en todos los grupos se registró una disminución de su resistencia a la fuerza de tensión por estiramiento, como se puede observar en el cuadro 1. La media de fuerza entre los grupos por marca fue significativamente diferente ($p=0.005$). Así, las marcas Azdent, Eurodent y Ah Kim Pech, evidenciaron medias homogéneas sin presentar alguna diferencia significativa a un $p<0.05$. Sin embargo, desde estos grupos de marcas, continuó Borgatta, que sí presentó una tendencia a la pérdida de fuerza de estiramiento ($p=0.051$); sobre todo, en relación a la marca Azdent. Por último, la marca American Orthodontics, tuvo la menor capacidad de conservar su resistencia a la fuerza de estiramiento en relación a Azdent, la cual fue significativa ($p=0.005$). Por otro lado, y para todos los grupos de marcas de cadenas, la fuerza de resistencia al estiramiento disminuyó al paso del tiempo y de manera significativa para todos los casos ($p=0.000$). Esta disminución de resistencia fue de forma secuencial y no significativa desde la primera hora y hasta las 72 horas (a un $p>0.05$), y con una tendencia mínima para la primera semana ($p=0.191$), y significativa desde la segunda y hasta la cuarta semana y de manera escalonada (0.019; 0.004; 0.000; respectivamente). Precisando, desde el tiempo cero, se observó que la marca comercial que presentó una mayor fuerza inicial de tensión desde fábrica a la fractura por estiramiento, fue Azdent (China) con 3860gr de fuerza, en segundo lugar, fue la marca Eurodent (México) que presentó 3550gr de fuerza, en tercer lugar, la marca Ah Kim Pech (México) con 3480gr de fuerza, en cuarto lugar, la marca Borgatta (México) con 3130gr de fuerza, mientras que la cadena elastomérica que registró una menor fuerza, fue la marca American Orthodontics (USA) con 2980gr de fuerza. Finalmente, la fuerza final para Azdent fue de 2350gr, Ah Kim Pech con 2560 gr de fuerza, Eurodent con 2200 gr de fuerza, Borgatta 2160 gr de fuerza y American Orthodontics con 1920 gr de fuerza. El análisis de varianza unidireccional (ANOVA), evidenció una diferencia estadísticamente significativa, entre las diferentes marcas de cadenas elastoméricas, sometidas a fuerzas de tensión por estiramiento, a diferentes intervalos de tiempo.

Fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica

Los resultados en la fuerza de trabajo de las cadenas elastoméricas, empleando dinamómetro de mano, se presentan en el cuadro 2. La fuerza registrada se comparó a diferentes intervalos de tiempo (0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas). Los resultados mostraron una fuerza inicial variable y con el paso del tiempo una disminución de la misma en todos los grupos con una tendencia muy marcada a ser estadísticamente significativa ($p=0.057$). Referente a la fuerza inicial, encontramos que la marca de la casa comercial, dictamina de manera significativa la fuerza de trabajo efectiva en las cadenas elastoméricas ($p=0.000$). En este tenor, se

encontró que las cadenas elastoméricas que presentaron la mayor fuerza de trabajo inicial y estadísticamente significativa ante el resto de las marcas, fueron las marcas Azdent con 455gr; y Eurodent con 365gr de fuerza ($p>0.05$). Asimismo, las marcas Ah Kim Pech, Borgatta y American Orthodontics por su parte, reflejaron fuerzas menores (300gr, 290gr y 265gr; respectivamente).

En cuanto a la fuerza residual, las cadenas elastoméricas de la marca Azdent, presentaron la mayor cantidad de fuerza después de las 4 semanas de exposición (268gr). El segundo lugar la reflejó la marca Eurodent con 223gr. En tercer lugar, se observó a la marca Ah Kim Pech con 218gr. En cuarto lugar, a la marca Borgatta con 198gr, y finalmente la marca American Orthodontics, presentó la menor cantidad de fuerza residual, que fue de 167gr.

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

Las cadenas elastoméricas son ampliamente utilizadas en ortodoncia debido a que son cómodas, efectivas y fáciles de usar, además de que presentan gran variedad de colores. Aun cuando una de sus características principales es la de regresar a su longitud original para ejercer una fuerza de trabajo, los estudios demuestran que presentan una reducción de esta fuerza con el paso del tiempo (Behnaz *et al.*, 2018).

En el presente estudio se demostró que las cadenas elastoméricas de las 5 casas comerciales, mostraron diferentes comportamientos en la fuerza y fatiga. La degradación de la fuerza de tensión máxima fue evidente a partir de una hora de estiramiento y a lo largo de las 4 semanas en que fueron sometidas las cadenas a estiramiento en condiciones *in vitro*. A su vez, el análisis microscópico reveló cambios en la superficie de las cadenas elastoméricas, a partir de las 12 horas de estiramiento, evidenciando corrosión por fatiga.

Algunos estudios han reportado que existe una disminución de la fuerza de las cadenas elastoméricas a partir de los 30 minutos de colocarse en boca (Morales *et al.*, 2014). En nuestro estudio encontramos que esta disminución de fuerza fue a partir de una hora de estiramiento, lo que coincide con el trabajo realizado por (Javanmardi y Salehi, 2016).

Evans *et al.* (2017) mencionan que la pérdida de la fuerza es debida a la deformación permanente del elastómero, cuando las moléculas del polímero se deslizan irreversiblemente sobre otras. Nosotros creemos que también puede tener relación esta deformación permanente, con la degradación paulatina pero constante a causa de los procesos de corrosión. Nuestro estudio reveló que, durante el transcurso del tiempo, en que las cadenas elastoméricas fueron sometidas a estiramiento, presentaron ésa deformación, que fue más evidente conforme pasaba el tiempo, y al mismo tiempo la resistencia a la ruptura disminuía, para cada grupo analizado. Observamos la presencia de grietas y ruptura de fibras en la superficie de las cadenas elastoméricas de las marcas Eurodent, Azdent, Borgatta, Ah Kim Pech, mientras que la cadena elastomérica de la marca American Orthodontics, no presentó grandes cambios en la zona observada bajo el microscopio electrónico de barrido. Sin embargo, sí fue evidente su deformación permanente. Esto nos hace pensar que el uso eficaz de las cadenas elastoméricas, debe de contemplarse dentro de la primera semana de ser colocadas en boca. Esto ayudaría a tener un mayor control de las fuerzas de trabajo empleadas para cada caso, y podrían ser cuantificadas con el antecedente de nuestros resultados las etapas de tratamiento y tiempos requeridos en particular. De esta forma, el curso y manejo del paciente ortodóntico tendría resultados lo más predecibles a cada lapso de tiempo en tratamiento. En relación a las marcas empleadas, nuestros estudios sugieren que todas las marcas de cadenas elastoméricas tuvieron una disminución significativa en su resistencia al desgarre. Para el caso, la cadena elastomérica de la marca American Orthodontics fue la que presentó la menor capacidad de conservar su resistencia al desgarre, pero no sería de importancia, al tomar en cuenta que esta cifra a la fractura, sobrepasa por mucho la fuerza necesaria para su trabajo terapéutico. Asimismo, al tratarse de un estiramiento mínimo al soportado por las cadenas, queda claro que un menor estiramiento genera una menor deformación y una menor fuerza, que involucra a la fuerza de estiramiento requerida en la clínica propiamente dicha.

Los estudios encontrados en la literatura, mostraron que las cadenas elastoméricas de diferentes marcas comerciales presentan degradación de su fuerza a lo largo del tiempo, la cual puede variar entre una marca y otra, por lo que la marca tiene que ser considerada para elegirse en ortodoncia correctiva, pues también lo sugieren nuestros resultados.

Respecto a la fuerza clínica aceptada Boester y Johnson señalaron que para la retracción canina una fuerza entre 100g y 300g es la necesaria para el movimiento canino sin causar daño periodontal, (Kassir *et al.*, 2023).

En nuestro estudio durante la prueba *in vitro* utilizando el dinamómetro de mano encontramos que las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech, Borgatta y American Orthodontics presentaron una fuerza inicial dentro del rango clínicamente aceptado como lo mencionan algunos autores, mientras que las marcas Eurodent y Azdent presentaron fuerzas iniciales mucho mayores, lo que podría ocasionar daños al periodonto previamente señalado.

Uno de los principales defectos de las cadenas elastoméricas es la deformación permanente, lo que produce alteraciones en sus propiedades mecánicas, así como ruptura de su superficie. (Kassir *et al.*, 2020).

En nuestro estudio encontramos durante la prueba *in vitro* utilizando el dinamómetro de mano, encontramos longitudes iniciales variadas, pero en todas las marcas se presentó un aumento en la longitud con el paso del tiempo, así como una disminución de la fuerza; siendo las cadenas elastoméricas de las marcas Ah Kim Pech, Borgatta y American Orthodontics, las que evidenciaron una mayor longitud inicial (14mm), mientras que la cadena elastomérica de la marca Azdent presentó una menor longitud inicial (12mm). A partir de la hora de estiramiento la longitud de todas las cinco marcas comerciales utilizadas en este estudio aumentó y durante las 4 semanas. Por lo que encontramos que al haber una deformación permanente en las cadenas elastoméricas, existe también pérdida de la fuerza de las cadenas elastoméricas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. Las cadenas elastoméricas empleadas en nuestras clínicas de ortodoncia Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, fueron medidas en cuanto a su fuerza de tensión máxima a la fractura por estiramiento. Las cifras indican que las cadenas por marca, presentan una fuerza inicial alta y muy por encima de los valores requeridos para generar y sostener la fuerza de trabajo por estiramiento, requerido en la clínica de ortodoncia. Esto pone de manifiesto que el uso de las cadenas elastoméricas en la clínica, es sumamente seguro y sin ninguna posibilidad de ruptura durante el movimiento dental. Por otro lado, al tratarse de un estiramiento mínimo al soportado por las cadenas, queda claro que un menor estiramiento genera una menor deformación y una menor fuerza, que involucra a la fuerza misma de estiramiento requerida, para ejercer una fuerza de trabajo terapéutico propiamente dicha en la clínica.

2. Se identificó el tiempo preciso de fractura en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta a diferentes tiempos de exposición en condiciones bucales *in vitro*. Se evidenció que todas las marcas de cadenas elastoméricas utilizadas en este estudio, presentaron diferente comportamiento en la resistencia a la fractura con la fuerza de tensión máxima a diferentes tiempos. Esta resistencia no homogénea evidente con el factor tiempo, indica que es importante considerar una degradación de la fuerza sobre las cadenas expuestas a condiciones bucales. La MEB mostró que esta degradación es evidente, y puede deberse al efecto de la corrosión de materiales por dos factores principales: la fuerza de tensión por estiramiento y las condiciones del medio. Debido a lo anteriormente dicho, la mejora de las propiedades físicas de las cadenas ante la corrosión es deseable para todas las casas comerciales.

3. Se determinó el grado de fatiga y deformación en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, American Orthodontics y Borgatta, después de la exposición a condiciones de temperatura y humedad similares al medio bucal, y a máxima fuerza de tensión por estiramiento. Se encontró que la fatiga y deformación consecuentes son evidentes desde el inicio de la segunda y hasta la cuarta semana de exposición, lo que hace pensar que el uso eficaz de las cadenas elastoméricas debe contemplarse durante y sólo en la primera semana de colocación.

4. Se logró comparar la deformación y los fallos por fatiga en las cadenas elastoméricas luego del tratamiento de fuerza máxima de tensión por estiramiento *in vitro*. Se encontró que las cadenas más estables contemplan a Borgatta, American Orthodontics y Ah Kim Pech. Siendo la cadena elastomérica de la marca American Orthodontics la que evidenció menor distorsión de su superficie en la MEB en comparación con el resto de las marcas comerciales, lo cual resulta favorecedor para mantener una buena higiene oral del paciente, pues al no presentar grandes daños o rugosidad en su superficie, tiene una menor tendencia a presentar acumulación de placa dentobacteriana, en comparación del resto de marcas comerciales.

5.- Se determinó *in vitro* la fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica en el tiempo cero, en las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, Borgatta y American Orthodontics. Se encontró que la marca Azdent y Eurodent presentan una fuerza de trabajo inicial mucho mayor que la recomendada por algunos autores. Mientras que las cadenas elastoméricas

de las marcas Ah Kim Pech, Borgatta y American Orthodontics, se encuentran dentro del rango clínicamente aceptado. Esto indica que es posible elegir de acuerdo a sus propiedades de trabajo, las marcas de cadenas elastoméricas más apropiadas para su aplicación en la clínica de ortodoncia.

6.- Se determinó *in vitro* la fuerza efectiva de trabajo para aplicación terapéutica, de las cadenas a las cuatro semanas de exposición en condiciones de temperatura y humedad, similares al medio bucal. Las cadenas elastoméricas Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, Borgatta y American Orthodontics, conservaron una fuerza adecuada de trabajo efectivo, esto indica que presentan una fuerza aceptable para producir el movimiento dental sin causar daño periodontal.

7.- Se logró comparar la deformación y los fallos por fatiga en las cadenas elastoméricas, luego del tratamiento de fuerza efectiva de trabajo, para aplicación terapéutica *in vitro*. Se encontró que las cadenas más estables contemplan a American Orthodontics, Borgatta y Ah Kim Pech. Las cadenas elastoméricas de la marca American Orthodontics, al presentar menor distorsión en su superficie, tienen menor susceptibilidad a la adhesión bacteriana, que se pudieran generar en zonas de rugosidad de la cadena elastomérica; y por consecuencia, la fácil formación de placa bacteriana. Por lo tanto, al no presentar grandes daños en su superficie, es posible reducir la carga bacteriana, manteniendo una buena higiene oral. Además, estas marcas evidenciaron rangos de fuerza clínicamente aceptable y eficaz, para realizar el movimiento dentario, pudiendo ser clínicamente efectivas durante las 4 semanas de elongación.

8.-Las cadenas que presentaron una mejor evaluación en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas fueron: American orthodontics, quien tuvo una mejor evaluación respecto al resto de cadenas elastoméricas, encontrándose en segundo lugar Borgatta y Ah Kim Pech, quienes presentaron un menor porcentaje de rugosidades en su superficie, en comparación con la marca Azdent y Eurodent, lo que permite recomendarlas para su empleo en la clínica de ortodoncia.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar en la práctica odontológica cadenas elastoméricas en buen estado, y dentro de la fecha de caducidad plasmada según el fabricante, para mantener la integridad de sus propiedades físico-mecánicas, y evitar posibles rupturas durante el movimiento dental.
2. Conocer con exactitud el proceso de manufactura, y los componentes de las diferentes marcas de cadenas elastoméricas, así como la presencia de plastificantes que pudieran afectar su elasticidad.
3. Contemplar la colocación de las cadenas elastoméricas por una primera semana, para controlar la fuerza y evitar fatiga, y monitorearlas en este primer tiempo.
4. Mantener una adecuada higiene oral por parte del paciente, para evitar aumentos de placa bacteriana y variaciones en Ph oral, o bien, el consumo de alimentos que puedan alterar las propiedades físicas de las cadenas elastoméricas.
5. En base a la fuerza de trabajo que presentan las diferentes marcas de cadenas elastoméricas, elegir las más idóneas para su aplicación en la clínica de ortodoncia.
6. Tomar en cuenta la fuerza mínima en las cadenas elastoméricas al final de las 4 semanas, para predecir mejores resultados durante el tratamiento de ortodoncia.
7. Se recomienda utilizar la cadena elastomérica de la marca American Orthodontics, la cual tuvo una mejor evaluación respecto al resto de cadenas elastoméricas analizadas en este estudio, para la obtención de resultados óptimos durante el tratamiento de ortodoncia.

SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

- Evaluar otras marcas de cadenas elastoméricas que existen en el mercado, para ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de las mismas.
- Ampliar el rango de tiempo utilizado para evaluar a las cadenas elastoméricas, para determinar el inicio de cambios agregados a los evidenciados, en sus propiedades físicas.
- Analizar los componentes de las cadenas elastoméricas, el tipo de polímero y aditivos que puedan influir en su comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Valero M, Diaz L., & Uscategui Y. (2018,7). aplicaciones biomédicas de los poliuretanos . *Química Nova*, 41, 434-445.
- 2.-Coutinho F & Delpech M.. (1999). Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície. *Polímeros*, 9, 41-48.
- 3.-Hans B., & Wolfgang W.. (1987). Manual de química organica . España: Reverte.
- 4.-Quintero M., Gómez J., & Boyaca A.- (2007). Los polímeros de poliuretano y la industria colombiana: una oportunidad para el aceite de palma.→ *PALMAS* , 28, 35-42.
- 5.- De Alva H. (1999) .- Efecto de amilosa, amilopectina y sus derivados oxidados sobre la biodegradabilidad y propiedades en espumas de poliuretano, Centro de Investigación en Química aplicada.
- 6.- Gregori B., Alba L., Brown A., Fernández M., Bordado J., de la Hoz Y., & Alvarez A.- (2007). Los poliuretanos biodegradables. Estudio bibliográfico de su síntesis y aplicaciones. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Cuba ICIDCA*, 41, 3-9.
- 7.- Fernández-d'Arlas, Borja, & Corcuera, Maria Angeles, & Eceiza, Arantxa (2016). Copolímeros de poliuretano del tipo poli[[hexametilen-carbamato- butanodiol)-co-(carbonato-co-éster)]. *Revista ION*, 29(2),61-74.[fecha de Consulta 18 de Febrero de 2021]. ISSN: 0120-100X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3420/342050982006>
- 8.- Achachao K. (2017) Evaluación in vitro de la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas carbonatadas. Universidad peruana Cayetano Heredia, Peru.
- 9.- Güiza Y., Adriazola M., & Liñán C. (2019), Factores que influyen en la fuerza de degradación de las cadenas elastoméricas. TACNA – Perú.
- 10.- Morales E., Lavado A., & Quea E.. (2014 Jul-Dic). Degradación de fuerzas en cadenas elastoméricas de dos marcas diferentes. Estudio in vitro. *Kiru*, 11, 110-4.
- 11.- Luque I.. (2020). 11.- *Degradación de fuerzas in vitro de tres marcas comerciales de cadenas elastoméricas, en saliva artificial*. Huancayo: facultad de ciencias de la salud Escuela Académico Profesional de Odontología Trabajo Académico universidad continental..
- 12.- Sánchez M., Mario Katagiri M., & Álvarez C.. (2006, junio) .- Estudio in-vitro del deterioro de las propiedades elásticas de las cadenas elastoméricas. *Revista Odontológica Mexicana*, 10, 79-82.
- 13.- Evans K., Wood C., Moffitt A., Colgan J., Holman K., Marshall S., Pope S, Muestra L., Sherman S., Sinclair P., Trulove T., Nashville T., . (2017, abril). Análisis de dieciséis semanas de la cadena elastomérica inalterada que relaciona la degradación de la fuerza in vitro con el movimiento dental del espacio de extracción in vivo. *Revista estadounidense de ortodoncia y ortopedia dentofacial* , 151.

14.- Masoud, A. I., Bulic, M., Viana, G., & Bedran-Russo, A. K. (2016). Force decay and dimensional changes of thermoplastic and novel thermoset elastomeric ligatures. *The Angle orthodontist*, 86(5), 818–825. <https://doi.org/10.2319/082815-581.1>

15.- Behnaz M., Namvar F., Sohrabi S., & Parishanian M.. (2018, febrero 01). .- Efecto del enjuague bucal blanqueador sobre la descomposición forzada de las cadenas elastoméricas de ortodoncia. *J Contemp Dent Pract*, 19, 221-225.

16.- Mohammadi, A., & Mahmoodi, F. (2015). Evaluation of Force Degradation Pattern of Elastomeric Ligatures and Elastomeric Separators in Active Tieback State. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 9(4), 254–260. <https://doi.org/10.15171/joddd.2015.045>

17.- Rodríguez E., Casasa R., & Natera A. (2007). 1.001 Tips en Ortodoncia y sus secretos. Colombia: AMOLCA.

18.- Antony PJ, Paulose J. Un estudio in vitro para comparar la fuerza de degradación de cadenas elastoméricas pigmentadas y no pigmentadas. *Indian J Dent Res* 2014; 25: 208-13

Antony PJ, Paulose J. Un estudio *in vitro* para comparar la fuerza de degradación de cadenas elastoméricas pigmentadas y no pigmentadas. *Indian J Dent Res [serie en línea]* 2014 [consultado el 8 de marzo de 2021]; 25: 208-13. Disponible en: <https://www.ijdr.in/text.asp?2014/25/2/208/135924>

19.- <https://www.instron.us/en-us/>

20.- Aminian, A., Nakhaei, S., Agahi, R. H., Rezaeizade, M., Aliabadi, H. M., & Heidarpour, M. (2015). Evaluation of the effect of different stretching patterns on force decay and tensile properties of elastomeric ligatures. *Dental research journal*, 12(6), 589–595. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.170587>

21.- Omidkhoda, M., Rashed, R., & Khodarahmi, N. (2015). Evaluation of the effects of three different mouthwashes on the force decay of orthodontic chains. *Dental research journal*, 12(4), 348–352. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.161453>

22.- Javanmardi, Z. y Salehi, P. (2016). Efectos de los enjuagues bucales Orthokin, Sensikin y Persica sobre la fuerza de degradación de las cadenas elásticas y los resortes helicoidales de NiTi. *Revista de investigación dental, clínicas dentales, prospectos dentales*, 10 (2), 99–105. <https://doi.org/10.15171/joddd.2016.016>

23.- Mousavi, S. M., Mahboobi, S., & Rakhshan, V. (2020). Effects of different stretching extents, morphologies, and brands on initial force and force decay of orthodontic elastomeric chains: An *in vitro* study. *Dental research journal*, 17(5), 326–337.

24.- Aldrees, A. M., Al-Foraidi, S. A., Murayshed, M. S., & Almoammar, K. A. (2015). Color stability and force decay of clear orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *International orthodontics*, 13(3), 287–301. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2015.06.003>

- 25.- Behnaz, M., Dalaie, K., Hosseinpour, S., Namvar, F. y Kazemi, L. (2017). El efecto de las pastas dentales con agentes blanqueadores sobre la fuerza de decaimiento de las cadenas de ortodoncia elastoméricas. *Revista europea de odontología*, 11 (4), 427–431. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_83_17
- 26.- Nakhaei, S., Agahi, RH, Aminian, A. y Rezaeizadeh, M. (2017). Decoloración y degradación por fuerza de ligaduras elastoméricas de ortodoncia. *Revista de ortodoncia de prensa dental*, 22 (2), 45–54. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.22.2.045-054.oar>
- 27.- Menon, V. V., Madhavan, S., Chacko, T., Gopalakrishnan, S., Jacob, J., & Parayancode, A. (2019). Comparative Assessment of Force Decay of the Elastomeric Chain With the Use of Various Mouth Rinses in Simulated Oral Environment: An *In Vitro* Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 11(Suppl 2), S269–S273. https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_9_19
- 28.- Silva Chaves-Filho, A. C. D., Costa, A. R., Borges, L. P. S., Santos, E. C. A., Crepaldi, M. V., Vedovello, S. A. S., Correr, A. B., & Correr-Sobrinho, L. (2021). Force Degradation of Elastomeric Chains after Storage Time and Mechanical Brushing. *Brazilian dental journal*, 32(4), 55–61. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202104487>
- 29.- Zheng, B., Al-Somairi, M. A. A., Li, Z., Zhao, Y., & Liu, Y. (2023). Effect of filament types and loops number on the force degradation of elastomeric chains used for orthodontic treatment: an in-vitro study. *BMC oral health*, 23(1), 113. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02812-7>
- 30.- Kassir, C. A., Daou, M., & Abboud, M. (2020). Comparison of the force decay over time of four different brands of elastomeric chains (elongated to 25mm grey/transparent and closed/open): An in-vitro study. *International orthodontics*, 18(3), 538–545. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2020.05.003>
- 31.- Baty, D. L., Storie, D. J., & von Fraunhofer, J. A. (1994). Synthetic elastomeric chains: a literature review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 105(6), 536–542. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70137-7](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70137-7)
- 32.- Boester, C. H., & Johnston, L. E. (1974). A clinical investigation of the concepts of differential and optimal force in canine retraction. *The Angle orthodontist*, 44(2), 113–119. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1974\)044<0113:ACIOTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1974)044<0113:ACIOTC>2.0.CO;2)

ANEXOS

ANEXOS

Inferencias descriptivas
Si existe diferencia estadísticamente significativa entre las 5 diferentes marcas de cadenas elastoméricas estiradas a diferentes intervalos de tiempo, por lo que se acepta la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula.
La comparación de las medias de la fuerza máxima de estiramiento entre la marca Eurodent con Ah Kim Pech, AO, Borgatta es mayor que el valor Q, por lo que existe diferencia estadísticamente significativa, mientras que las medias de Eurodent con Azdent, no tiene diferencia estadísticamente significativa.
La comparación de las medias de la fuerza máxima de estiramiento entre la marca Ah Kim Pech con AO y Borgatta es mayor que el valor Q, por lo que existe diferencia estadísticamente significativa, mientras que las medias entre Ah Kim Pech con Eurodent y Azdent, no tiene diferencia estadísticamente significativa.
La comparación de las medias de la fuerza máxima de estiramiento entre la marca AO con Eurodent, Azdent, Ah Kim Pech y Borgatta es menor que el valor Q, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa.
La comparación de las medias de la fuerza máxima de estiramiento entre la marca Azdent con Eurodent, Ah Kim Pech, AO, y Borgatta es mayor que el valor Q, por lo que existe diferencia estadísticamente significativa.
La comparación de las medias de la fuerza máxima de estiramiento entre la marca Borgatta con AO, es mayor que el valor Q, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa, mientras que con las marcas Eurodent, Ah Kim Pech, Azdent, no existe diferencia estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas sin estirar (0 horas) con las estiradas durante, 1 hora, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 1 hora con las estiradas durante 12 h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa, en cambio las medias entre los grupos de 1 hora con el de 0 horas, es menor que Q por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 12 horas con las estiradas durante 0h, 1h, es menor que el valor Q por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las de 12h con la de 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 24 horas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es

estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 24h, con 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 48 horas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 48h, con 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 72 horas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 72h con 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 1 semana con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 1 semana con 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 2 semanas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 2 semana con 3 semanas y 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 3 semanas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa, mientras que la comparación de las medias entre las cadenas de 3 semana con 4 semanas, es mayor que el valor Q por lo que la diferencia es estadísticamente significativa.
La comparación de las medias en el tiempo de estiramiento entre las cadenas estiradas por 4 semanas con las estiradas por 0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas es menor que el valor Q, por lo que la diferencia no es estadísticamente significativa.

MUESTRA	MARCA DE C.E.	TIEMPO ESTIRAMIENTO	FUERZA MAXIMA.
A	Ah Kim Pech	0	3480
M1	Ah Kim Pech	1H	3460

M2	Ah Kim Pech	12H	3380
M3	Ah Kim Pech	24H	3250
M4	Ah Kim Pech	48H	3170
M5	Ah Kim Pech	72H	3160
M9	Ah Kim Pech	1 Semana	2690
M8	Ah Kim Pech	2 Semanas	2630
M7	Ah Kim Pech	3 Semanas	2600
M6	Ah Kim Pech	4 Semanas	2560
B	Eurodent	0	3550
M11	Eurodent	1H	3530
M12	Eurodent	12H	3510
M13	Eurodent	24H	3500
M14	Eurodent	48H	3280
M15	Eurodent	72H	3200
M19	Eurodent	1 Semana	3090
M18	Eurodent	2 Semanas	2760
M17	Eurodent	3 Semanas	2550
M16	Eurodent	4 Semanas	2200
C	Azdent	0	3860
M21	Azdent	1H	3770
M22	Azdent	12H	3400
M23	Azdent	24H	3380
M24	Azdent	48H	3260
M25	Azdent	72H	3210
M29	Azdent	1 Semana	3190
M28	Azdent	2 Semana	3170
M27	Azdent	3 Semana	3160
M26	Azdent	4 Semana	2350
D	Borgatta	0	3130
M31	Borgatta	1H	3040
M32	Borgatta	12H	2960
M33	Borgatta	24H	2930
M34	Borgatta	48H	2900
M35	Borgatta	72H	2860
M39	Borgatta	1 Semana	2820
M38	Borgatta	2 Semana	2550
M37	Borgatta	3 Semana	2490
M36	Borgatta	4 Semana	2160
E	American Orthodontics	0	2980
M41	American Orthodontics	1H	2940

M42	American Orthodontics	12H	2920
M43	American Orthodontics	24H	2910
M44	American Orthodontics	48H	2890
M45	American Orthodontics	72H	2840
M49	American Orthodontics	1 Semana	2520
M48	American Orthodontics	2 Semanas	2320
M47	American Orthodontics	3 Semanas	2130
M46	American Orthodontics	4 Semanas	1920

Cuadro 1. Fuerza en gramos registrada al momento del desgarro de las cadenas elastoméricas de las marcas Ah Kim Pech (México), Eurodent (México), Azdent (China), Borgatta (México), American Orthodontics (USA).

MUESTRA	MARCA DE C.E	TIEMPO DE ESTIRAMIENTO	LONGITUD DE C.E	FUERZA Gr.
A	Ah Kim Pech	0	14mm	300
M1	Ah Kim Pech	1H	15mm	297
M2	Ah Kim Pech	12H	17mm	290
M3	Ah Kim Pech	24H	17mm	277
M4	Ah Kim Pech	48H	19mm	271
M5	Ah Kim Pech	72H	20mm	269
M9	Ah Kim Pech	1 Semana	21.5mm	229
M8	Ah Kim Pech	2 Semanas	22mm	224
M7	Ah Kim Pech	3 Semanas	23mm	221
M6	Ah Kim Pech	4 Semanas	24mm	218
B	Eurodent	0	13mm	365
M11	Eurodent	1H	14mm	360
M12	Eurodent	12H	15mm	358
M13	Eurodent	24H	15mm	356
M14	Eurodent	48H	16mm	334
M15	Eurodent	72H	19mm	326
M19	Eurodent	1 Semana	20mm	315
M18	Eurodent	2 Semanas	21mm	280

M17	Eurodent	3 Semanas	23mm	260
M16	Eurodent	4 Semanas	23mm	223
C	Azdent	0	12mm	455
M21	Azdent	1H	13mm	441
M22	Azdent	12H	13mm	400
M23	Azdent	24H	14mm	394
M24	Azdent	48H	15mm	381
M25	Azdent	72H	16mm	367
M29	Azdent	1 Semana	19mm	356
M28	Azdent	2 Semanas	20mm	353
M27	Azdent	3 Semanas	20mm	340
M26	Azdent	4 Semanas	21mm	268
D	Borgatta	0	14mm	290
M31	Borgatta	1H	15mm	280
M32	Borgatta	12H	17mm	272
M33	Borgatta	24H	17mm	269
M34	Borgatta	48H	18mm	267
M35	Borgatta	72H	18mm	262
M39	Borgatta	1 Semana	20mm	259
M38	Borgatta	2 Semanas	21mm	234
M37	Borgatta	3 Semanas	22mm	228
M36	Borgatta	4 Semanas	22mm	198
E	American Orthodontics	0	14mm	265
M41	American Orthodontics	1H	16mm	260
M42	American Orthodontics	12H	18mm	257
M43	American Orthodontics	24H	18mm	256
M44	American Orthodontics	48H	18mm	254
M45	American Orthodontics	72H	19mm	250
M49	American Orthodontics	1 Semana	20mm	221
M48	American Orthodontics	2 Semanas	21mm	203
M47	American Orthodontics	3 Semanas	21mm	187
M46	American Orthodontics	4 Semanas	21.5mm	167

Cuadro 2. Fuerza en gramos registrada a una distancia de 25mm de las cadenas elastoméricas de la marca Ah Kim Pech, Eurodent, Azdent, Borgatta y American Orthodontics a diferentes intervalos de tiempo.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TiempoEstiramiento	Inter-grupos	.000	4	.000	.000	1.000
	Intra-grupos	412.500	45	9.167		
	Total	412.500	49			
FuerzaMaximaEstiramiento	Inter-grupos	2591908.000	4	647977.000	4.307	.005
	Intra-grupos	6770270.000	45	150450.444		
	Total	9362178.000	49			

Cuadro 3. Fuerza máxima de cadenas elastoméricas intergrupos ANOVA. Diferencia estadísticamente significativa de las 5 marcas de cadenas elastoméricas estiradas a diferentes intervalos de tiempo.

Comparaciones múltiples

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) MarcasCadena sElastomericas	(J) MarcasCadena sElastomericas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%	
						Límite inferior	Límite superior
TiempoEstiramiento	Eurodent	AhKimpech	.00000	1.35401	1.000	-.9794	.9794
		American Orthodontics	.00000	1.35401	1.000	-.9794	.9794
		Azdent	.00000	1.35401	1.000	-.9794	.9794
		Borgata	.00000	1.35401	1.000	-.9794	.9794
	AhKimpech	Eurodent	.00000	1.35401	1.000	-.9794	.9794

	American Orthodontics	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Azdent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Borgata	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
American Orthodontics	Eurodent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	AhKimpech	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Azdent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Borgata	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
Azdent	Eurodent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	AhKimpech	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	American Orthodontics	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Borgata	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
Borgata	Eurodent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	AhKimpech	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	American Orthodontics	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
	Azdent	.00000	1.3540 1	1.000	-.9794	.9794
FuerzaMaximaEs tiramiento	Eurodent	59.00000	173.46 495	.997	-66.4672	184.4672
	American Orthodontics	460.0000 0*	173.46 495	.078	334.5328	585.4672
	Azdent	- 178.0000 0*	173.46 495	.842	- 303.4672	-52.5328

	Borgata	313.0000 0*	173.46 495	.384	187.5328	438.4672
AhKimpech	Eurodent	- 59.00000	173.46 495	.997	- 184.4672	66.4672
	American Orthodontics	401.0000 0*	173.46 495	.160	275.5328	526.4672
	Azdent	- 237.0000 0*	173.46 495	.652	- 362.4672	- 111.5328
	Borgata	254.0000 0*	173.46 495	.590	128.5328	379.4672
American Orthodontics	Eurodent	- 460.0000 0*	173.46 495	.078	- 585.4672	- 334.5328
	AhKimpech	- 401.0000 0*	173.46 495	.160	- 526.4672	- 275.5328
	Azdent	- 638.0000 0*	173.46 495	.005	- 763.4672	- 512.5328
	Borgata	- 147.0000 0*	173.46 495	.914	- 272.4672	-21.5328
Azdent	Eurodent	178.0000 0*	173.46 495	.842	52.5328	303.4672
	AhKimpech	237.0000 0*	173.46 495	.652	111.5328	362.4672
	American Orthodontics	638.0000 0*	173.46 495	.005	512.5328	763.4672
	Borgata	491.0000 0*	173.46 495	.051	365.5328	616.4672
Borgata	Eurodent	- 313.0000 0*	173.46 495	.384	- 438.4672	- 187.5328
	AhKimpech	- 254.0000 0*	173.46 495	.590	- 379.4672	- 128.5328

American	147.0000	173.46	.914	21.5328	272.4672
Orthodontics	0*	495			
Azdent	-	173.46	.051	-	-
	491.0000	495		616.4672	365.5328
	0*				

Cuadro 4. Comparaciones múltiples, HSD Tukey. La diferencia de la media es significativa al .95.

TiempoEstiramiento

HSD de Tukey^a

MarcasCadenasElastomericas	N	Subconjunto para alfa = .95
		1
Eurodent	10	4.5000
AhKimpech	10	4.5000
American Orthodontics	10	4.5000

Azdent	10	4.5000
Borgata	10	4.5000
Sig.		1.000

Cuadro 5. HSD de Tukey Tiempo de estiramiento intragrupo. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica 10.000.

FuerzaMaximaEstiramiento

HSD de Tukey^a

MarcasCadenasElastomericas	N	Subconjunto para alfa = .95			
		1	2	3	4
American Orthodontics	10	2637.0000			
Borgata	10		2784.0000		
AhKimpech	10			3038.0000	

Eurodent	10			3097.0000	
Azdent	10				3275.0000
Sig.		1.000	1.000	.997	1.000

Cuadro 6. HSD de Tukey fuerza máxima de estiramiento intragrupo. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica =10.000.

Descriptivos

FuerzaMaximaEstiramiento

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0 horas	5	3360.0000	339.77934	151.95394	2938.1082	3781.8918	2980.00	3860.00
1 hora	5	3348.0000	348.23842	155.73696	2915.6049	3780.3951	2940.00	3770.00
12 horas	5	3234.0000	273.27642	122.21293	2894.6825	3573.3175	2920.00	3510.00
24 horas	5	3194.0000	265.38651	118.68446	2864.4791	3523.5209	2910.00	3500.00
48 horas	5	3100.0000	191.70290	85.73214	2861.9694	3338.0306	2890.00	3280.00
72 horas	5	3054.0000	187.29656	83.76157	2821.4406	3286.5594	2840.00	3210.00
1 semana	5	2862.0000	277.43468	124.07256	2517.5193	3206.4807	2520.00	3190.00
2 semanas	5	2686.0000	314.37239	140.59161	2295.6551	3076.3449	2320.00	3170.00
3 semanas	5	2586.0000	370.17563	165.54758	2126.3662	3045.6338	2130.00	3160.00
4 semanas	5	2238.0000	237.10757	106.03773	1943.5921	2532.4079	1920.00	2560.00
Total	50	2966.2000	437.10966	61.81664	2841.9748	3090.4252	1920.00	3860.00

Cuadro 7. Tiempos y fuerza máxima de estiramiento intergrupos.

ANOVA

FuerzaMaximaEstiramiento

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6071338.000	9	674593.111	8.200	.000
Intra-grupos	3290840.000	40	82271.000		
Total	9362178.000	49			

Cuadro 8. ANOVA Fuerza máxima de estiramiento. Diferencia estadísticamente significativa entre las 5 diferentes marcas de cadenas elastoméricas.

Comparaciones múltiples

FuerzaMaximaEstiramiento

HSD de Tukey

(I) TiempoEstiramiento	(J) TiempoEstiramiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%	
					Límite inferior	Límite superior
0 horas	1 hora	12.00000	181.40673	1.000	-222.1797	246.1797
	12 horas	126.00000	181.40673	.999	-108.1797	360.1797
	24 horas	166.00000	181.40673	.995	-68.1797	400.1797
	48 horas	260.00000*	181.40673	.909	25.8203	494.1797
	72 horas	306.00000*	181.40673	.796	71.8203	540.1797
	1 semana	498.00000*	181.40673	.191	263.8203	732.1797
	2 semanas	674.00000*	181.40673	.019	439.8203	908.1797
	3 semanas	774.00000*	181.40673	.004	539.8203	1008.1797
	4 semanas	1122.00000*	181.40673	.000	887.8203	1356.1797
1 hora	0 horas	-12.00000	181.40673	1.000	-246.1797	222.1797
	12 horas	114.00000	181.40673	1.000	-120.1797	348.1797
	24 horas	154.00000	181.40673	.997	-80.1797	388.1797
	48 horas	248.00000*	181.40673	.930	13.8203	482.1797
	72 horas	294.00000*	181.40673	.830	59.8203	528.1797
	1 semana	486.00000*	181.40673	.217	251.8203	720.1797
	2 semanas	662.00000*	181.40673	.023	427.8203	896.1797
	3 semanas	762.00000*	181.40673	.005	527.8203	996.1797
	4 semanas	1110.00000*	181.40673	.000	875.8203	1344.1797
12 horas	0 horas	-126.00000	181.40673	.999	-360.1797	108.1797
	1 hora	-114.00000	181.40673	1.000	-348.1797	120.1797
	24 horas	40.00000	181.40673	1.000	-194.1797	274.1797
	48 horas	134.00000	181.40673	.999	-100.1797	368.1797
	72 horas	180.00000	181.40673	.991	-54.1797	414.1797
	1 semana	372.00000*	181.40673	.571	137.8203	606.1797
	2 semanas	548.00000*	181.40673	.107	313.8203	782.1797
	3 semanas	648.00000*	181.40673	.028	413.8203	882.1797

	4 semanas	996.00000*	181.40673	.000	761.8203	1230.1797
24 horas	0 horas	-166.00000	181.40673	.995	-400.1797	68.1797
	1 hora	-154.00000	181.40673	.997	-388.1797	80.1797
	12 horas	-40.00000	181.40673	1.000	-274.1797	194.1797
	48 horas	94.00000	181.40673	1.000	-140.1797	328.1797
	72 horas	140.00000	181.40673	.999	-94.1797	374.1797
	1 semana	332.00000*	181.40673	.713	97.8203	566.1797
	2 semanas	508.00000*	181.40673	.171	273.8203	742.1797
	3 semanas	608.00000*	181.40673	.050	373.8203	842.1797
	4 semanas	956.00000*	181.40673	.000	721.8203	1190.1797
48 horas	0 horas	-260.00000*	181.40673	.909	-494.1797	-25.8203
	1 hora	-248.00000*	181.40673	.930	-482.1797	-13.8203
	12 horas	-134.00000	181.40673	.999	-368.1797	100.1797
	24 horas	-94.00000	181.40673	1.000	-328.1797	140.1797
	72 horas	46.00000	181.40673	1.000	-188.1797	280.1797
	1 semana	238.00000*	181.40673	.945	3.8203	472.1797
	2 semanas	414.00000*	181.40673	.422	179.8203	648.1797
	3 semanas	514.00000*	181.40673	.160	279.8203	748.1797
	4 semanas	862.00000*	181.40673	.001	627.8203	1096.1797
72 horas	0 horas	-306.00000*	181.40673	.796	-540.1797	-71.8203
	1 hora	-294.00000*	181.40673	.830	-528.1797	-59.8203
	12 horas	-180.00000	181.40673	.991	-414.1797	54.1797
	24 horas	-140.00000	181.40673	.999	-374.1797	94.1797
	48 horas	-46.00000	181.40673	1.000	-280.1797	188.1797
	1 semana	192.00000	181.40673	.986	-42.1797	426.1797
	2 semanas	368.00000*	181.40673	.585	133.8203	602.1797
	3 semanas	468.00000*	181.40673	.260	233.8203	702.1797
	4 semanas	816.00000*	181.40673	.002	581.8203	1050.1797
1 semana	0 horas	-498.00000*	181.40673	.191	-732.1797	-263.8203
	1 hora	-486.00000*	181.40673	.217	-720.1797	-251.8203
	12 horas	-372.00000*	181.40673	.571	-606.1797	-137.8203
	24 horas	-332.00000*	181.40673	.713	-566.1797	-97.8203
	48 horas	-238.00000*	181.40673	.945	-472.1797	-3.8203
	72 horas	-192.00000	181.40673	.986	-426.1797	42.1797
	2 semanas	176.00000	181.40673	.992	-58.1797	410.1797
	3 semanas	276.00000*	181.40673	.875	41.8203	510.1797

	4 semanas	624.00000*	181.40673	.040	389.8203	858.1797
2 semanas	0 horas	-674.00000*	181.40673	.019	-908.1797	-439.8203
	1 hora	-662.00000*	181.40673	.023	-896.1797	-427.8203
	12 horas	-548.00000*	181.40673	.107	-782.1797	-313.8203
	24 horas	-508.00000*	181.40673	.171	-742.1797	-273.8203
	48 horas	-414.00000*	181.40673	.422	-648.1797	-179.8203
	72 horas	-368.00000*	181.40673	.585	-602.1797	-133.8203
	1 semana	-176.00000	181.40673	.992	-410.1797	58.1797
	3 semanas	100.00000	181.40673	1.000	-134.1797	334.1797
	4 semanas	448.00000*	181.40673	.315	213.8203	682.1797
3 semanas	0 horas	-774.00000*	181.40673	.004	-1008.1797	-539.8203
	1 hora	-762.00000*	181.40673	.005	-996.1797	-527.8203
	12 horas	-648.00000*	181.40673	.028	-882.1797	-413.8203
	24 horas	-608.00000*	181.40673	.050	-842.1797	-373.8203
	48 horas	-514.00000*	181.40673	.160	-748.1797	-279.8203
	72 horas	-468.00000*	181.40673	.260	-702.1797	-233.8203
	1 semana	-276.00000*	181.40673	.875	-510.1797	-41.8203
	2 semanas	-100.00000	181.40673	1.000	-334.1797	134.1797
	4 semanas	348.00000*	181.40673	.657	113.8203	582.1797
4 semanas	0 horas	-1122.00000*	181.40673	.000	-1356.1797	-887.8203
	1 hora	-1110.00000*	181.40673	.000	-1344.1797	-875.8203
	12 horas	-996.00000*	181.40673	.000	-1230.1797	-761.8203
	24 horas	-956.00000*	181.40673	.000	-1190.1797	-721.8203
	48 horas	-862.00000*	181.40673	.001	-1096.1797	-627.8203
	72 horas	-816.00000*	181.40673	.002	-1050.1797	-581.8203
	1 semana	-624.00000*	181.40673	.040	-858.1797	-389.8203
	2 semanas	-448.00000*	181.40673	.315	-682.1797	-213.8203
	3 semanas	-348.00000*	181.40673	.657	-582.1797	-113.8203

Cuadro 9. HSD de Tukey comparación de las medias en el tiempo de estiramiento de las cadenas elastoméricas. La diferencia de medias es significativa al nivel .95.

FuerzaMaximaEstiramiento

HSD de Tukey^a

TiempoEstiramiento	N	Subconjunto para alfa = .95
--------------------	---	-----------------------------

		1	2	3	4	5	6
4 semanas	5	2238.0000					
3 semanas	5		2586.0000				
2 semanas	5		2686.0000	2686.0000			
1 semana	5			2862.0000	2862.0000		
72 horas	5				3054.0000	3054.0000	
48 horas	5					3100.0000	
24 horas	5					3194.0000	3194.0000
12 horas	5					3234.0000	3234.0000
1 hora	5						3348.0000
0 horas	5						3360.0000
Sig.		1.000	1.000	.992	.986	.991	.995

Cuadro 10. HSD de Tukey fuerza máxima de estiramiento. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=5.000.

MARCAS Y FUERZA EFECTIVA DE TRABAJO

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
FuerzaTerapeut	Inter-grupos	135112.120	4	33778.030	20.407	.000
	Intra-grupos	74485.900	45	1655.242		
	Total	209598.020	49			

Comparaciones múltiples

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) MarcasCadenas Elastomericas	(J) MarcasCadenas Elastomericas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%	
						Límite inferior	Límite superior
FuerzaTerapeut	Eurodent	AhKimpech	58.10000 [†]	18.19474	.021	44.9397	71.2603
		American Orthodontics	85.70000 [†]	18.19474	.000	72.5397	98.8603
		Azdent	-57.80000 [†]	18.19474	.021	-70.9603	-44.6397
		Borgata	61.80000 [†]	18.19474	.012	48.6397	74.9603
	AhKimpech	Eurodent	-58.10000 [†]	18.19474	.021	-71.2603	-44.9397
		American Orthodontics	27.60000 [†]	18.19474	.557	14.4397	40.7603
		Azdent	-115.90000 [†]	18.19474	.000	-129.0603	-102.7397
		Borgata	3.70000	18.19474	1.000	-9.4603	16.8603
	American Orthodontics	Eurodent	-85.70000 [†]	18.19474	.000	-98.8603	-72.5397
		AhKimpech	-27.60000 [†]	18.19474	.557	-40.7603	-14.4397
		Azdent	-143.50000 [†]	18.19474	.000	-156.6603	-130.3397
		Borgata	-23.90000 [†]	18.19474	.684	-37.0603	-10.7397
	Azdent	Eurodent	57.80000 [†]	18.19474	.021	44.6397	70.9603
		AhKimpech	115.90000 [†]	18.19474	.000	102.7397	129.0603
		American Orthodontics	143.50000 [†]	18.19474	.000	130.3397	156.6603
		Borgata	119.60000 [†]	18.19474	.000	106.4397	132.7603
Borgata	Eurodent	-61.80000 [†]	18.19474	.012	-74.9603	-48.6397	
	AhKimpech	-3.70000	18.19474	1.000	-16.8603	9.4603	
	American Orthodontics	23.90000 [†]	18.19474	.684	10.7397	37.0603	
	Azdent	-119.60000 [†]	18.19474	.000	-132.7603	-106.4397	

Cuadro 11. ANOVA y HSD de Tukey comparaciones múltiples.

Tiempo y fuerza efectiva de trabajo

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Medja cuadrática	F	Sig.
FuerzaTerapeut	Inter-grupos	66374.020	9	7374.891	2.060	.057
	Intra-grupos	143224.000	40	3580.600		
	Total	209598.020	49			

Comparaciones múltiples

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) TiempoEstiramiento	(J) TiempoEstiramiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%	
						Límite inferior	Límite superior
FuerzaTerapeut	0 horas	1 hora	7.40000	37.84495	1.000	-41.4544	56.2544
		12 horas	19.60000	37.84495	1.000	-29.2544	68.4544
		24 horas	24.60000	37.84495	1.000	-24.2544	73.4544
		48 horas	33.60000	37.84495	.996	-15.2544	82.4544
		72 horas	40.20000	37.84495	.986	-8.6544	89.0544
		1 semana	59.00000*	37.84495	.859	10.1456	107.8544
		2 semanas	76.20000*	37.84495	.595	27.3456	125.0544
		3 semanas	87.80000*	37.84495	.399	38.9456	136.6544
	4 semanas	120.20000*	37.84495	.075	71.3456	169.0544	

Cuadro 12. ANOVA y HSD de Tukey comparación de las medias en el tiempo de estiramiento de las cadenas elastoméricas

Marca de cadena elastomérica	Fuerza Máxima	Longitud mm	Tiempo
Ah Kim Pech	300gr	14mm	0h (inicial)
Borgatta	290gr	14mm	0h (inicial)
American Orthodontics	265gr	14mm	0h (inicial)
Eurodent	280gr.	21mm	2 semanas
Azdent	268gr.	21mm	4 semanas

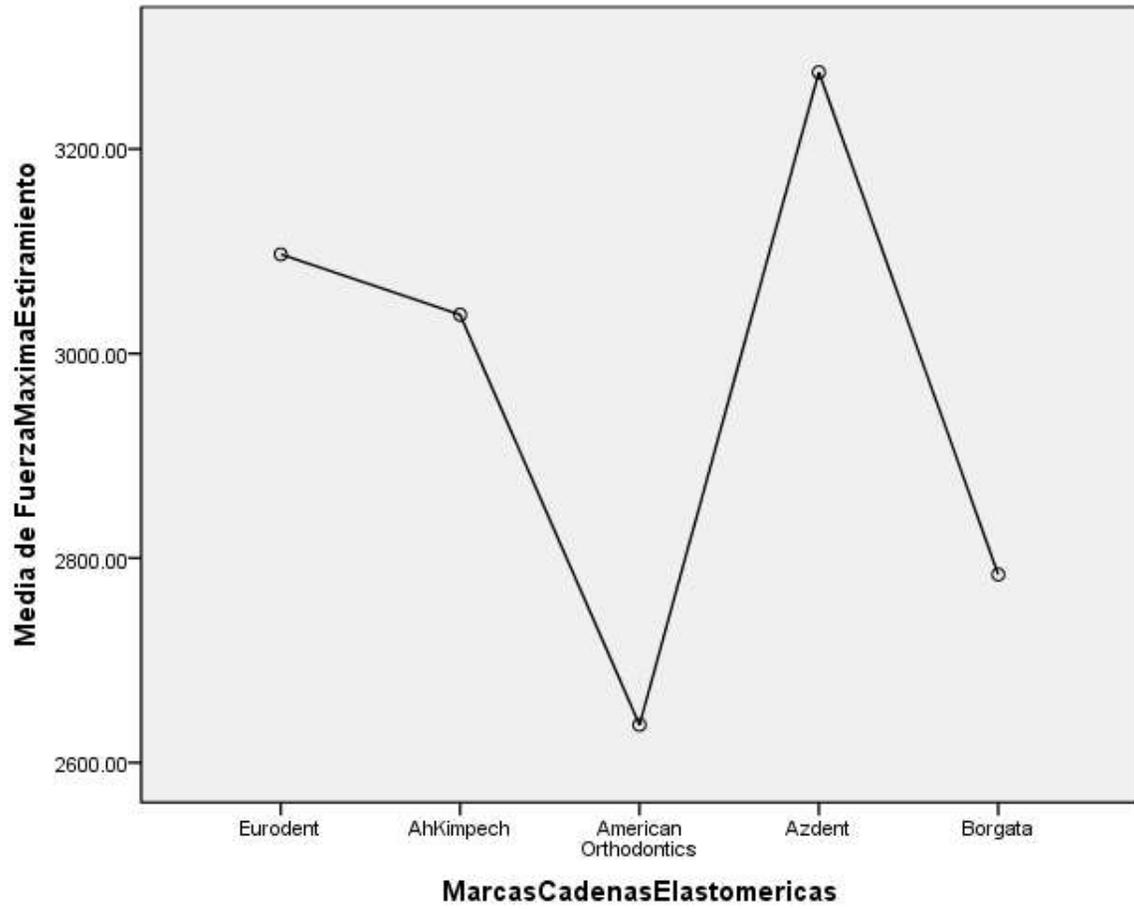
Cuadro 13. Cadenas elastoméricas con fuerza clínica máxima registrada utilizando dinamómetro de mano se encuentra dentro de un rango de 300gr a 100gr (rango clínicamente aceptado) y longitud presentada.

Marca de cadenas elastoméricas	Fuerza Mínima	Longitud mm	Tiempo
Ah Kim Pech	218gr	24mm	4 semanas
Borgatta	198gr	22mm	4 semanas
American Orthodontics	167gr	21.5mm	4 Semanas
Eurodent	223gr	23mm	4semanas
Azdent	268gr	21mm	4 semanas

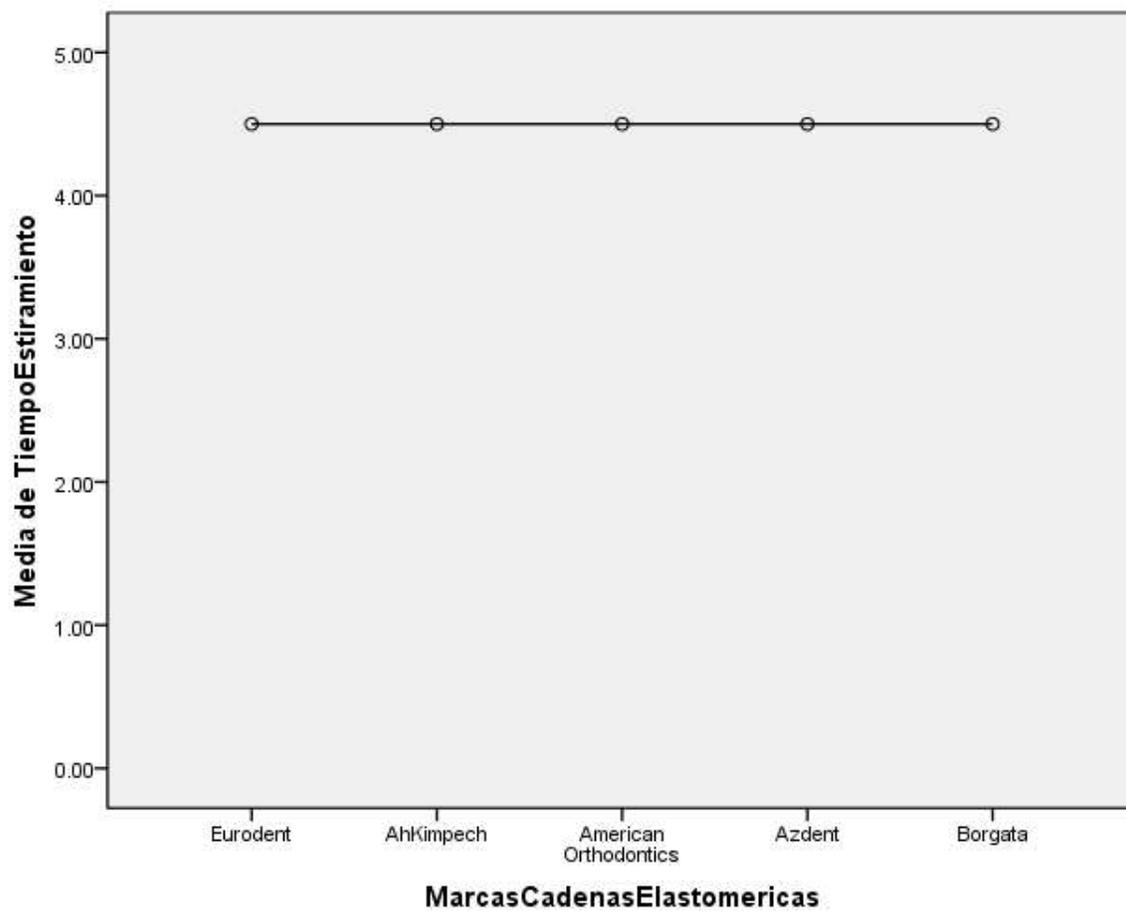
Cuadro 14. Cadenas elastoméricas con fuerza clínica mínima registrada utilizando dinamómetro de mano que se encuentran dentro de un rango de 300gr a 100gr y longitud presentada.

Marca de cadena elastomérica	Fuerza inicial	Longitud mm	Tiempo
Azdent	455g	12mm	0h
Eurodent	365g	13mm	0h

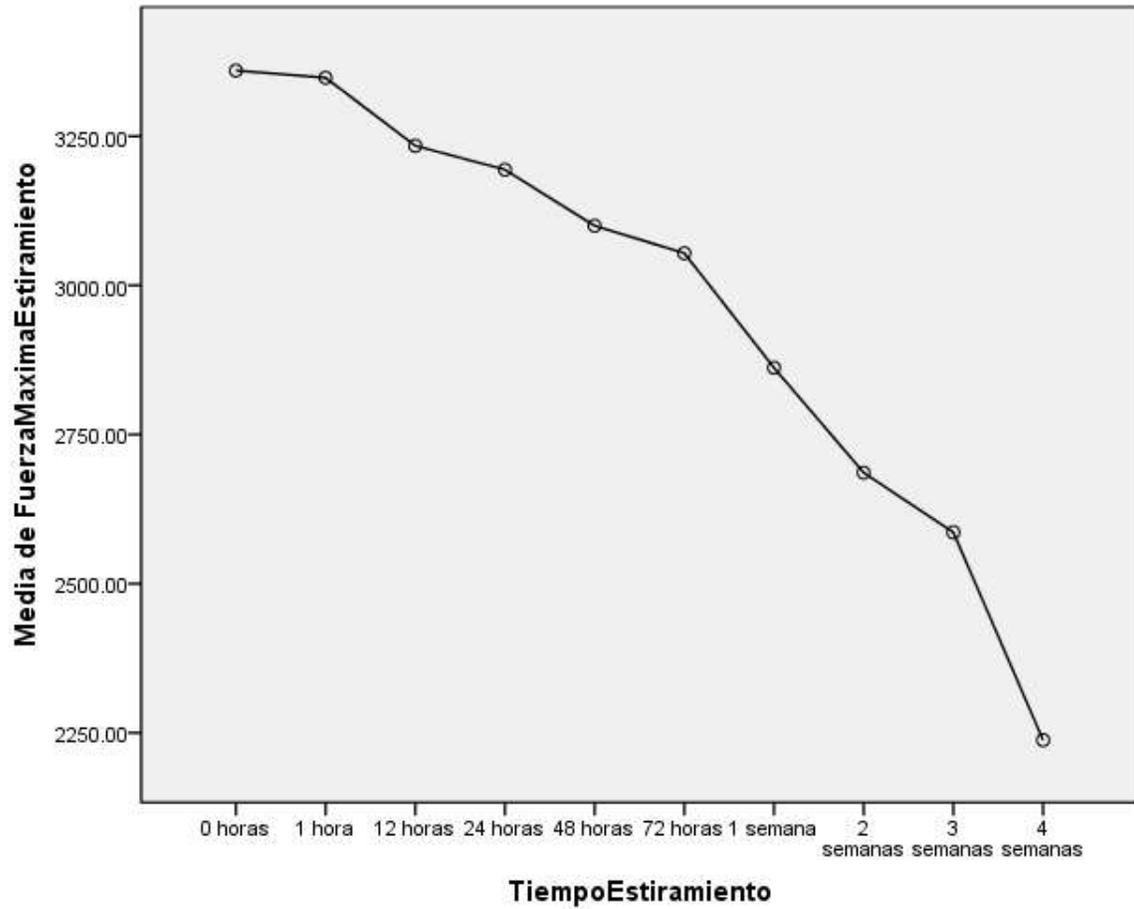
Cuadro 15. Cadenas elastoméricas cuya fuerza inicial es mayor a 300g de fuerza (fuerza máxima clínicamente aceptada).



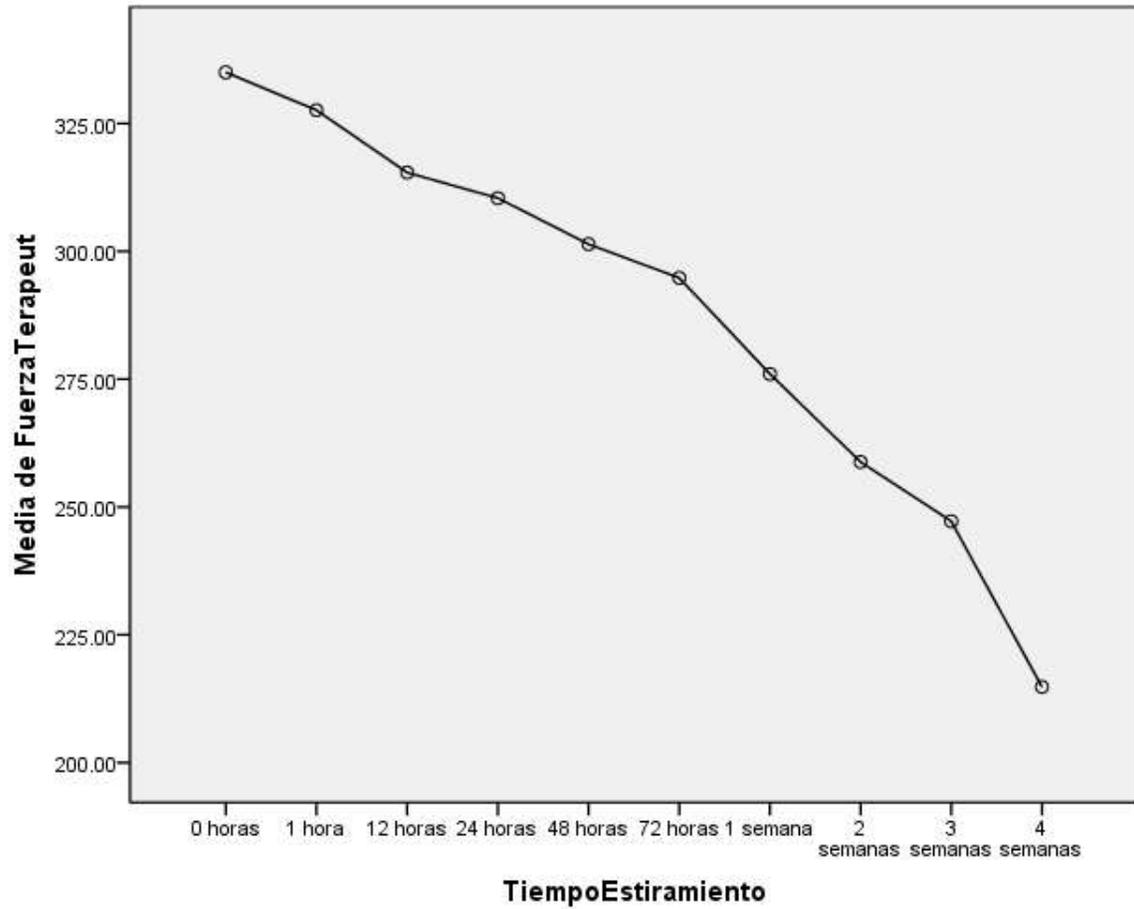
Gráfica 1. Media de la fuerza máxima de estiramiento de las cadenas elastoméricas de las marcas Eurodent, Ah Kim Pech, American Orthodontics, Azdent y Borgatta



Gráfica 2. Media de tiempo de estiramiento de las cadenas elastoméricas de la marca Eurodent, Ah Kim Pech, American Orthodontics, Azdent y Borgatta.



Gráfica 3. Media de la fuerza máxima de estiramiento en los diferentes intervalos de tiempo, (0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas).



Gráfica 4. Media de la fuerza terapéutica en los diferentes intervalos de tiempo, (0h, 1h, 12h, 24h, 48h, 72h, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas).