



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

**Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial**

**Susan Andrea Ortega Cornejo**

**Dr. Diego Carrillo, Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Especialista en  
Ortodoncia

Quito, mayo de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial**

Susan Andrea Ortega Cornejo

Diego Carrillo Silva, Dr.  
Director de la tesis

\_\_\_\_\_

Carolina Dueñas, Dra.  
Miembro del Comité de Tesis

\_\_\_\_\_

Eduardo Acevedo, Dr.  
Miembro del Comité de Tesis

\_\_\_\_\_

Carlos Meneses, Dr.  
Miembro del Comité de Tesis

\_\_\_\_\_

Gerson Cabezas, Dr.  
Director del posgrado de Ortodoncia

\_\_\_\_\_

Fernando Sandoval, M. Sc., Dr  
Decano de la Facultad de Odontología

\_\_\_\_\_

Victor Viteri Breedy, Ph.D.  
Decano del Colegio de Posgrados

\_\_\_\_\_

Quito, mayo de 2015

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Susan Andrea Ortega Cornejo

C. I.: 040148746-7

Fecha: mayo del 2015

## **DEDICATORIA**

A Dios que me ha brindado más de lo que siempre he pedido y me ha permitido que pueda llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi madre Janeth, porque a la distancia fuiste mis fuerzas, mi compañía y mi amiga, por siempre confiar en mí y demostrar día a día tu inmenso amor.

A mi padre, que siempre estuvo presto a escucharme y a darme sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A Leonardo, mi amor, por la paciencia infinita, por tus palabras y apoyo incondicional, porque a pesar del tiempo y la distancia siempre estuviste ahí.

## AGRADECIMIENTOS

Durante mi etapa de estudios de posgrado que culmina con la presentación de esta tesis, he vivido un proceso el cual me ha permitido conocerme, no solo por los desafíos que he enfrentado sino también por el gusto de haberlos realizado y, durante todo este proceso no puedo dejar de agradecer en primer lugar a Dios por ser en mi vida la parte más esencial, nunca apartar sus ojos de mí y brindarme día a día fortaleza, sabiduría y fe.

A mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han entregado, ocupando un lugar muy importante en mi corazón y, más allá del apoyo brindado, destaco aún más sus enseñanzas, que nada es imposible si se trabaja por lo que uno quiere y está convencido.

Debo particularmente agradecer a mi director de tesis, el Doctor Diego Carrillo, que ha tenido la paciencia y ha compartido conmigo su tiempo para poder finalizar este estudio.

Un agradecimiento y cariño especial a todos mis profesores que brindaron desinteresadamente sus conocimientos, y que han sido una parte importante en mi formación profesional y personal, gracias por todo su apoyo y amistad.

Finalmente, debo agradecer a todas esas personas que más allá de ser amigos y compañeros han sabido con sus ejemplos, palabras o acciones ayudarme en poder finalizar esta etapa.

## RESUMEN

Las cadenas elásticas son un material que desde su introducción se han convertido en un valioso complemento en el tratamiento de ortodoncia. Debido a que generan fuerzas ligeras y continuas son muy útiles en el cierre de espacios de la arcada, corrección de rotaciones y en retracción de uno o más dientes.

La presente investigación pretende realizar una contribución sobre la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas de distintas marcas comerciales por diferentes intervalos de tiempo, siendo sometidos a igual tratamiento.

**Metodología:** Se utilizaron 490 cadenas elásticas de 5 eslabones del tipo cerradas de cinco marcas comerciales: Gac, Ortho Organizers, Ormco, American Orthodontics y Ortho Classic. Cada muestra, de cada marca comercial, fue dividida en 7 grupos de 14 cada uno. Divididos en 7 grupos, el grupo 1 que es la muestra control no estuvo sumergido en saliva artificial y se estiró con el dinamómetro a 150 gramos/fuerza a fin de determinar el estiramiento inicial (mm). Los 6 grupos restantes fueron sumergidos en saliva artificial en un recipiente de vidrio termo-resistente, y las cadenas elásticas fueron estiradas a la distancia determinada por la media de la muestra control de cada marca comercial y colocados en la incubadora por un tiempo establecido de 1 hora, 24 horas, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días a 37° Celcius. Una vez que se ha cumplido el periodo de tiempo establecido se midió con el dinamómetro sobre la media del estiramiento inicial de la

muestra control, y así se determinó la pérdida de fuerza que se produjo en cada grupo de las marcas comerciales estudiadas.

**Resultados:** Se evidenció en la primera hora una pérdida de fuerza de la marca Ormco del 1,90%, mientras que Ortho Classic perdió el 30,95% de su fuerza inicial. Al llegar a los 28 días del experimento, Ormco perdió el 61,66% de la fuerza inicial mientras que el resto de las marcas comerciales perdieron más del 95% de la fuerza inicial.

**Conclusiones:** En el transcurso del experimento se constató una diferencia sustancial entre Ormco y el resto de las marcas comerciales. En los periodos analizados, se observó que Ormco fue la que menos fuerza perdió con un total de pérdida de 36,00% en relación a la muestra control. Mientras que la marca comercial American Orthodontics fue la que más fuerza perdió con un total de 76,66% en los periodos de tiempo analizados.

**Palabras claves:** cadenas elásticas, pérdida de fuerza, dinamómetro, saliva artificial.

## ABSTRACT

The elastic chain is a material that since its introduction has become a valuable complement in Orthodontic treatments. Due to the delivery of light and continuous forces it is a very useful in space closure of the arch, rotation correction and one or more teeth retraction.

This research aims to make a contribution on the loss of strength of elastic chains of different brands in different time intervals, being subjected to the same treatment.

**Methodology:** 490 elastic chains closed type of 5 links of the following brands: GAC, Ortho Organizers, Ormco, American Orthodontics and Ortho Classic were used in this study. Each sample from each brand was divided into 7 groups of 14 each. Divided into 7 groups, group 1 is the control sample which was not immersed in artificial saliva and stretched with the dynamometer to 150 grams / force to determine the initial stretch (mm). The remaining 6 groups were immersed in artificial saliva in a glass bowl heat resistant and elastic chains were stretched to the distance determined by the average of the control sample for each brand and placed in the incubator for a set time of 1 hour, 24 hours, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days at 37 ° Celcius. Once it has completed the period of time, it was measured with the dynamometer on the average of the initial stretch of the control sample, and thus the power loss that occurred in each group studied brands was determined.

**Results:** It was demonstrated in the first hour a loss of strength of the brand Ormco of 1.90%, while Ortho Classic lost 30.95% of its initial strength. Upon reaching 28 days of the experiment, Ormco lost 61.66% of the initial strength while remaining brands lost more than 95% of the initial force.

**Conclusions:** During the experiment a substantial difference between Ormco and all other brands were found. In the analyzed periods of time, it was observed that Ormco total loss was of 36.00% relative to the control sample. While American Orthodontics was the brand which demonstrate a total loss force of 76.66% over the analyzed time.

**Keywords:** elastic chains, loss of strength, dynamometer, artificial saliva.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b>	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>9</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b>	<b>15</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>16</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>18</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>1.2. HIPÓTESIS</b>	<b>21</b>
<b>1.3. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>21</b>
<b>1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>22</b>
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>23</b>
<b>2.1. RESEÑA HISTÓRICA</b>	<b>23</b>
<b>2.2. LOS INICIOS DE LA INDUSTRIA DEL CAUCHO</b>	<b>24</b>

	12
<b>2.3. HISTORIA DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA</b>	<b>25</b>
<b>2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ELÁSTICOS SEGÚN SU MATERIAL</b>	<b>26</b>
2.4.1 ELÁSTICOS DE LÁTEX	26
2.4.2 ELÁSTICOS SINTÉTICOS	27
2.4.3 NATURAL Vs. SINTÉTICO	28
<b>2.5. ELASTICIDAD</b>	<b>28</b>
<b>2.6. ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LOS ELÁSTICOS</b>	<b>29</b>
<b>2.7. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELASTÓMEROS</b>	<b>31</b>
<b>2.8. DEFORMACIÓN DE LOS ELASTÓMEROS</b>	<b>32</b>
<b>2.9. PRESENTACIONES FÍSICAS DE LOS ELÁSTICOS Y DE LOS ELASTÓMEROS PARA ORTODONCIA</b>	<b>33</b>
2.9.1 MÓDULOS ELÁSTICOS	33
2.9.2 CUÑAS DE ROTACIÓN	34
2.9.3 ANILLOS SEPARADORES	35
2.9.4 HILOS ELÁSTICOS	36
2.9.5 ELÁSTICOS INTERMAXILARES E INTRAMAXILARES	36
2.9.5.1 ELÁSTICOS INTERMAXILARES	36
2.9.5.2 ELÁSTICOS INTRAMAXILARES	38
<b>3. CADENAS ELÁSTICAS</b>	<b>40</b>
<b>3.1. FORMAS DE FABRICACIÓN DE LAS CADENAS ELÁSTICAS</b>	<b>41</b>

	13
<b>3.2. TIPOS DE CADENAS ELÁSTICAS</b>	<b>41</b>
<b>3.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CADENAS ELÁSTICAS</b>	<b>42</b>
<b>3.4. VENTAJAS</b>	<b>42</b>
<b>3.5. DESVENTAJAS</b>	<b>43</b>
<b>3.6. FUERZA DE LOS ELÁSTICOS</b>	<b>44</b>
<b>3.7. DEGRADACIÓN DE LA FUERZA</b>	<b>46</b>
<b>4. MOVIMIENTO DENTAL</b>	<b>48</b>
<b>4.1. FUERZA IDEAL DE LOS MOVIMIENTOS DENTARIOS</b>	<b>49</b>
<b>5. SALIVA</b>	<b>51</b>
<b>5.1. SALIVA ARTIFICIAL</b>	<b>53</b>
<b>5.2. LA COMPOSICIÓN DE LA SALIVA ARTIFICIAL</b>	<b>53</b>
<b>6. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>55</b>
<b>6.1. TIPO DE ESTUDIO</b>	<b>55</b>
<b>6.2. UNIVERSO Y MUESTRA</b>	<b>55</b>
<b>6.3. VARIABLES DEL ESTUDIO</b>	<b>56</b>
<b>6.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN</b>	<b>56</b>
<b>6.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</b>	<b>57</b>
<b>6.6. MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>	<b>58</b>
<b>6.7. DISEÑO DEL PROYECTO</b>	<b>58</b>

	14
<b>6.8. MÉTODO DE MEDICIÓN</b>	<b>60</b>
<b>6.9. MÉTODO ESTADÍSTICO</b>	<b>65</b>
<b>7. RESULTADOS</b>	<b>67</b>
<b>7.1. ANÁLISIS: AMERICAN ORTHODONTICS</b>	<b>67</b>
<b>7.2. ANÁLISIS: GAC</b>	<b>69</b>
<b>7.3. ANÁLISIS: ORMCO</b>	<b>71</b>
<b>7.4. ANÁLISIS: ORTHO CLASSIC</b>	<b>73</b>
<b>7.5. ANÁLISIS: ORTHO ORGANIZERS</b>	<b>75</b>
<b>7.6. ANÁLISIS ENTRE LAS CINCO MARCAS COMERCIALES</b>	<b>77</b>
<b>7.7. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA FUERZA EN RELACIÓN AL GRUPO CONTROL</b>	<b>78</b>
<b>7.8. DIAGRAMA DE CAJA</b>	<b>81</b>
<b>7.9. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS</b>	<b>83</b>
<b>7.10. ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA)</b>	<b>84</b>
<b>7.11. TEST DE BONFERRONI</b>	<b>85</b>
<b>8. DISCUSIÓN</b>	<b>87</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>91</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	<b>92</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>
<b>12. ANEXOS</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Módulos Elásticos _____	34
Imagen 2. Cuñas de rotación _____	35
Imagen 3. Anillos separadores _____	35
Imagen 4. Hilos Elásticos _____	36
Imagen 5. Elásticos Intermaxilares _____	37
Imagen 6. Elásticos intramaxilares _____	38
Imagen 7. Elásticos Extrabucales _____	39
Imagen 8. Muestra de una cadena _____	40
Imagen 9. Saliva artificial, marca: Salivsol _____	54
Imagen 10. Rollos de cadenas elásticas: American Orthodontics, GAC, Ormco, Ortho Classic y Ortho Organizers _____	59
Imagen 11. Dinamómetro marca Ortho Organizers _____	60
Imagen 12. Plataforma de medición _____	61
Imagen 13. Plataformas con los puntos de sujeción de American Orthodontics, GAC, Ormco, Ortho Classic, Ortho Organizers _____	62
Imagen 14. Cadenas elásticas instaladas. Marca comercial: American Orthodontics _____	63
Imagen 15. Recipiente termo-resistente _____	63
Imagen 16. Cadenas elásticas en la incubadora _____	64
Imagen 17. Medición de fuerza de las cadenas elásticas _____	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuerza ideal de los movimientos dentarios _____	50
Tabla 2. Variables del estudio _____	56
Tabla 3. Materiales, herramientas, instrumental y equipos _____	58
Tabla 4. Cadenas elásticas utilizadas _____	59
Tabla 5. Distribución de las marcas comerciales por grupos _____	60
Tabla 6. Registro de datos del estiramiento inicial _____	62
Tabla 7. Planilla de registro de datos _____	66
Tabla 8. Análisis estadístico: American Orthodontics _____	67
Tabla 9. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial American Orthodontics _____	68
Tabla 10. Análisis estadístico: GAC _____	69
Tabla 11. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial GAC _____	70
Tabla 12. Análisis estadístico: Ormco _____	71
Tabla 13. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ormco _____	72
Tabla 14. Análisis estadístico: Ortho Classic _____	73
Tabla 15. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ortho Classic _____	74
Tabla 16. Análisis estadístico: Ortho Organizers _____	75

Tabla 17. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ortho Organizers _____	76
Tabla 18. Análisis estadístico en conjunto de los periodos analizados de las cinco marcas comerciales _____	77
Tabla 19. Porcentaje de reducción de la fuerza de las cinco marcas comerciales _____	78
Tabla 20. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control del conjunto de periodos analizados de las cinco marca comerciales _____	80
Tabla 21. Análisis de varianzas _____	82
Tabla 22. Prueba de Levene _____	83
Tabla 23. Análisis ANOVA _____	84
Tabla 24. Test de Bonferroni _____	85
Tabla 25. Registro de datos de la marca comercial: American Orhodontics _____	102
Tabla 26. Registro de datos de la marca comercial: GAC _____	103
Tabla 27. Registro de datos de la marca comercial: Ormco _____	104
Tabla 28. Registro de datos de la marca comercial: Ortho Classic _____	105
Tabla 29. Registro de datos de la marca comercial: Ortho Organizers _____	106

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Porcentaje de la pérdida de fuerza de las cinco marcas comerciales por los periodos analizados _____	79
Grafico 2. Evolución de la pérdida de fuerza en relación a la muestra control _____	80
Grafico 3. Diagrama de caja _____	81

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las primeras metas en el tratamiento de ortodoncia es la aplicación de fuerzas ligeras y continuas, para asegurar al máximo un movimiento efectivo de los dientes con un mínimo de efectos secundarios como reabsorción ósea y radicular, lo cual afecta al movimiento dental de forma adversa.

La utilización de cadenas elásticas es muy frecuente en los tratamientos ortodóncicos para el cierre de espacios, retracción de caninos y corrección de mal posiciones dentarias mediante la tracción de dientes individuales (Stevenson, 1994). Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre sus propiedades físicas y degradación de fuerza al ser colocados en un medio salival artificial.

Desde su colocación las cadenas elásticas empiezan a perder fuerza, sin embargo no todas las marcas pierden la misma fuerza en el mismo tiempo. Por tal motivo, determinar cuál es el la marca comercial más eficiente en relación a la menor pérdida de fuerza, permitirá al ortodoncista tomar la mejor decisión en la atención al paciente.

Los elastómeros suelen ser normalmente polímeros termoestables, abarcan materiales que después de sufrir una deformación sustancial, regresan rápidamente a su dimensión original. Sin embargo, la deformación permanente puede producirse cuando el polímero se estira más allá de su límite elástico, lo que causará rotura de los enlaces cruzados que lleva la estructura lineal del polímero que forma parte de la cadena. Además,

las características elásticas de las cadenas varían de acuerdo a su proceso de manufactura, lo cual puede alterar los resultados del tratamiento (Stevenson, 1994).

Las cadenas elásticas hechas a base de polímeros dan la propiedad elástica que puede ser afectada por diversos factores ambientales tales como: temperatura, concentración de oxígeno, cambios de pH, exposición a luz ultravioleta, absorción de agua, acción de sustancias contenidas en el fluido salival, higiene oral y efectos de fuerzas externas como la masticación. (Baty DL, 1994).

Conocer las alteraciones de las cadenas elásticas es de gran interés en la ortodoncia, ya que son ampliamente utilizadas en la práctica clínica, y por tal motivo, se debe conocer sus propiedades y limitaciones, lo cual permitirá tener un mayor control en los tratamientos y resultados ortodóncicos.

## **1.1. JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio proporciona conocimientos en el campo de la ortodoncia que permiten al especialista una toma de decisiones acertadas en función del bienestar del paciente, dejando de lado la selección empírica de materiales , tantas veces influenciada por el marketing comercial, desatendiendo criterios técnicos científicos como en este caso las propiedades mecánicas de los materiales.

## **1.2. HIPÓTESIS**

Existe una pérdida de fuerza de las cadenas elásticas de uso ortodóncico de las distintas marcas comerciales al estar sometidos a una fuerza de tracción en un medio salival artificial en función directa del tiempo de inmersión.

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Medir la degradación de la fuerza de las cadenas elásticas de diferentes marcas comerciales, al ser sumergidas en un medio salival artificial y ser sometidas a una fuerza de tracción por diferentes intervalos de tiempo.

#### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el estiramiento inicial generado por las cadenas elásticas cerradas de las distintas marcas comerciales sometidas a 150 gramos/fuerza, antes de ser sumergidos al medio salival artificial.
- Determinar la degradación de los valores de fuerza generados por las cadenas elásticas cerradas de cada una de las marcas comerciales, estiradas a la distancia determinada por la medida de la muestra control de cada marca comercial, y sometidas a la inmersión en medio salival artificial y a una temperatura de 37° C al cabo de 1 hora, 24 horas, 7, 14, 21 y 28 días.
- Comparar los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elásticas cerradas sumergidas en un medio salival artificial, sometidas a fuerza de tracción a través de los días, entre las marcas comerciales estudiadas.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1. RESEÑA HISTÓRICA**

El elastómero significa simplemente "caucho" (Franta, 1989), es un término general que abarca las materias que, después de una deformación sustancial, rápidamente vuelven a sus dimensiones originales (Baty D L, 1994).

En la historia, el primer material elástico conocido como hule natural, era utilizado por las civilizaciones Inca y Maya, que extraían el producto de algunas especies de árboles. Si se permite que el látex se evapore de forma natural, la película de caucho que la forman pueden ser secadas y prensadas en artículos utilizables como botellas, zapatos y pelotas. Indios sudamericanos hicieron tales objetos en los primeros tiempos como pelotas de goma que han sido utilizados en juegos ceremoniales aztecas. Sin embargo, su uso fue limitado debido a que sus propiedades se perdían con facilidad por acción de la temperatura y la absorción de la humedad (Sánchez Herrera, 2006).

En el segundo viaje al Nuevo Mundo en 1493 hasta 1496, Cristóbal Colón regresó con las primeras pelotas de goma de las Indias Occidentales, algo muy novedoso debido a la forma en que las pelotas rebotaban. El siguiente acontecimiento en la historia del caucho natural fue el descubrimiento español del uso de látex para la impermeabilización de cuero y telas en 1615 (Baker, 1997).

## 2.2. LOS INICIOS DE LA INDUSTRIA DEL CAUCHO

La industria del caucho en Europa realmente comenzó con Charles Macintosh en 1818. Muchos habían buscado disolventes adecuados para el caucho desde su llegada a Europa como materia prima a finales de 1700, pero ninguno había tenido éxito. Charles Macintosh fue un químico industrial en Glasgow, que desarrolló el alquitrán de carbón como un disolvente barato y eficaz. A sólo 2 años después, en 1820, Thomas Hancock descubrió el “masticador” que era un cilindro de madera hueca, a manera de un rodillo de púas, esta máquina, en lugar de romper el caucho en pedazos, produjo suficiente fricción para soldar los trozos de goma en una masa que podría aplicarse con mayor producción. Los esfuerzos de Macintosh y de Hancock resolvieron el problema inicial de manejar la materia prima, pero no resolvieron uno de los obstáculos principales: el caucho natural se ablanda con el calor y se endurece con el frío. Además el caucho era oloroso y perecedero (Baker, 1997).

El último hito en la historia temprana del caucho fue el descubrimiento de la vulcanización por Charles Goodyear. Mientras que la industria del caucho estaba desarrollando rápidamente en el clima templado de Gran Bretaña, la industria de los Estados Unidos estaba siendo afectada debido a las condiciones extremas del clima puesto que la alta temperatura hacía los productos pegajosos, mientras que las temperaturas muy bajas volvían al caucho rígido. Así Charles Goodyear buscó la forma de hacer modificaciones a la goma para evitar defectos de temperatura. En 1841 Charles Goodyear, accidentalmente sobre-calienta una mezcla de caucho, azufre y plomo blanco, lo que resultó en el descubrimiento de la vulcanización, y un caucho que no se endurece en invierno ni suaviza en verano (Baker, 1997).

### **2.3. HISTORIA DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA**

Los elásticos han sido un valioso complemento de cualquier tratamiento de ortodoncia. El uso de los elásticos con una buena colaboración del paciente proporciona al clínico la capacidad de corregir discrepancias tanto antero-posteriores como verticales. Los elásticos de látex se han convertido en parte integral de la ortodoncia, después de haber sido discutidos por primera vez por Calvin. S. en 1893 en el congreso dental de Columbia, pero Henry A. Baker en este mismo año, usó estos elásticos en la práctica clínica e introdujo el tan llamado anclaje Baker o el uso de elásticos intermaxilares con bandas de caucho. Con esto, muchos clínicos interpretaron el uso de elásticos intermaxilares con la eliminación de la necesidad de extracciones (Asbell, 1990).

Tanto el látex natural como los elastómeros sintéticos son ampliamente utilizados en la terapia de ortodoncia. Los elásticos naturales de látex se empezaron a utilizar en la técnica de Begg para proporcionar tracción intermaxilar y fuerzas intramaxilares. Los materiales de elastómero sintético en forma de cadenas, encontraron su mejor aplicación en la mecánica Edgewise, al ser usados para mover dientes a lo largo del arco (Singh V P, 2012). Los primeros defensores de la utilización de látex natural en la ortodoncia fueron Baker y Case (1893) y Angle (1902).

La importancia del caucho en tiempos de guerra se hizo evidente durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918), los experimentos en la producción de caucho sintético se continuaron en 1920 por científicos en Alemania y Estados Unidos y con esto el desarrollo de polímeros de caucho sintético a partir de productos petroquímicos. Las cadenas

elastoméricas se introdujeron a la profesión dental en la década de 1960 y se han convertido en parte integral de muchas de las prácticas de ortodoncia (Singh V P, 2012).

## **2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ELÁSTICOS SEGÚN SU MATERIAL**

Existen diferentes tipos de cauchos, y estos se pueden clasificar en dos grandes grupos: el caucho natural (látex) y el sintético. La principal diferencia entre ambos radica en el origen de sus materias primas.

### **2.4.1 ELÁSTICOS DE LÁTEX**

El primer elastómero común era el caucho natural, formado en un organismo vivo en forma de un líquido lechoso, llamado látex, que circula en las porciones interiores de la corteza de muchos árboles y arbustos tropicales y subtropicales.

La estructura química del caucho natural es cis-1,4 poli isopropeno que contiene aproximadamente 500 unidades de isopropeno. La unidad estructural de la molécula es del grupo de los hidrocarburos (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), la cual es capaz de fijar, por adición, grupos covalentes (Loriato, Machado, & Pacheco, 2006).

Después de un proceso de secado y de ahumado el caucho natural se utiliza en diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30% del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos (Castro, 2008).

La limitación más importante del caucho natural es su enorme sensibilidad a los efectos del ozono o a otros sistemas de generación de radicales libres tales como la luz solar o la luz ultravioleta que produce grietas. Los fabricantes han añadido antioxidantes y antiozonantes para retardar estos efectos y extender la vida útil de los elastómeros (Baty D L, 1994).

## **2.4.2 ELÁSTICOS SINTÉTICOS**

Están formados por reacciones químicas conocidas como condensación o polimerización de hidrocarburos insaturados, estos se componen de monómeros los cuales tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas grandes llamadas polímeros (Castro, 2008). Sin embargo la composición química y calidad de las materias primas, es información secreta de cada marca comercial (Loriato, Machado, & Pacheco, 2006).

Químicamente, los elastómeros son polímeros. Su origen etimológico proviene de la palabra "poly" que significa "muchos" y "mere" que significa "partes". Estos polímeros son sustancias compuestas de muchas moléculas que van a formar una cadena que está compuesta de unidades fundamentales llamados monómeros. Los polímeros están compuestos por enlaces primarios y secundarios. Inicialmente los polímeros presentan un patrón espiral y cuando se deforman, debido a la aplicación de fuerza, las cadenas poliméricas se ordenan en una estructura lineal con enlaces cruzados en algunos puntos a lo largo de las cadenas. Los enlaces secundarios modifican el patrón espiral a lineal, y la

recuperación de su estructura inicial se debe a los enlaces cruzados. (Martins e Martins M, 2006).

### **2.4.3 NATURAL Vs. SINTÉTICO**

La limitación más importante del caucho natural es la enorme sensibilidad a los efectos del ozono, luz solar y rayos ultravioleta que generan radicales libres que rompen los enlaces moleculares, debilitando los polímeros de látex.

Los polímeros sintéticos también son muy sensibles a los efectos de los sistemas generadores de radicales libres como son el ozono y la luz ultravioleta, resultando en un decrecimiento de la flexibilidad y resistencia a la tracción de los polímeros, es por eso que los fabricantes han añadido propiedades antioxidantes y antiozonantes para retardar estos efectos y alargar la vida útil de los elastómeros. Los elastómeros se hinchan menos que el látex y estos pueden ejercer una fuerza adecuada en periodos de tiempo (Baty DL, 1994) (Singh V P, 2012).

### **2.5. ELASTICIDAD**

Es la propiedad de un material que le permite regresar a su tamaño y formas originales, al suprimir la carga a la que estaba sometido. Esta propiedad varía mucho en los diferentes materiales que existen, para muchos de los cuales existe un esfuerzo unitario más

allá del cual, el material no recupera sus dimensiones originales al suprimir la carga. A este esfuerzo unitario se le conoce como Límite Elástico (Salazar Palacio, 2012).

La propiedad elástica de los materiales está relacionada, con la capacidad de un sólido de sufrir transformaciones termodinámicas reversibles. Cuando sobre un sólido deformable actúan fuerzas exteriores y éste se deforma, se produce un trabajo de estas fuerzas que se almacena en el cuerpo en forma de energía potencial elástica y por tanto se va a producir un aumento de la energía interna (Amigo, 2013). Si el material puede regresar a su estado sin causar cambios ni en el sistema ni en sus alrededores, se observa que el material es elástico.

## **2.6. ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LOS ELÁSTICOS**

Los cauchos naturales como sintéticos pueden ser agregados con refuerzos químicos como plastificantes, estabilizantes y colorantes, que pueden darles características mecánicas o físicas particulares.

La absorción del agua afecta el peso material y lo degrada, cuanto menor es la capacidad de absorción de agua mejor serán los resultados en cuanto a la estabilidad dimensional.

Los factores que influyen sobre el comportamiento mecánico y sobre la estabilidad dimensional de los elásticos son:

- La variación de las temperaturas de trabajo.
- La absorción de agua.
- La duración de la aplicación de la carga.
- La cantidad de deformación plástica.
- Los esfuerzos dinámicos de larga duración que provocan roturas por fatiga.
- El envejecimiento y almacenamiento inadecuado.
- La degradación producida por químicos, exposición a la luz y el medio ambiente.
- Los defectos en la estructura molecular de la pieza modelada.

En respuesta, los elásticos en la curva carga/deformación están influenciados por las siguientes variables:

- La temperatura de trabajo.
- El tiempo o duración de aplicación de la carga.
- La absorción de la humedad.
- El envejecimiento.
- La degradación.

(Uribe Restrepo, 2004)

## 2.7. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELASTÓMEROS

Debido a sus propias características, los elásticos tienen una presencia muy importante en todos los sectores de la industria. Comparados con los metales, su estructura interna es totalmente diferente, tanto los tipos de enlace químico como la estructura y la distribución de sus moléculas. Las características mecánicas de los polímeros son: muy sensibles a la velocidad de deformación, a la temperatura y a la naturaleza. (Salazar Palacio, 2012).

En general, los elásticos ofrecen una menor estabilidad dimensional en comparación con los metales. Esto se debe a un mayor coeficiente de dilatación térmica, menor rigidez y mayor elasticidad. La absorción de la humedad es un factor a tener en cuenta en los elásticos ya que produce una pequeña dilatación del material haciendo más difícil el ajustarse a las tolerancias de mecanizado de piezas. (Salazar Palacio, 2012).

En general, las principales diferencias son las siguientes:

- Coeficiente de dilatación térmica 20 veces mayor que los metales.
- Los elásticos disipan mucho menos calor. Por lo que se debe tener cuidado con el sobrecalentamiento del material.
- Las temperaturas de reblandecimiento y de fusión son más bajas que los metales.
- Los elastómeros son mucho más elásticos.

(Salazar Palacio, 2012)

## 2.8. DEFORMACIÓN DE LOS ELASTÓMEROS

Una de las propiedades más fascinantes de los elastómeros es la elasticidad, estos materiales son capaces de soportar deformaciones muy grandes recuperando su forma inicial una vez que se elimina la fuerza (Beltrán M, 2012).

En ausencia de esfuerzo, los elastómeros son amorfos y están compuestos de cadenas moleculares muy torsionadas, dobladas y plegadas. La deformación elástica causada por la aplicación de un esfuerzo de tracción origina enderezamiento, desplegado y alargamiento de las cadenas en la dirección del esfuerzo de tracción. Tras eliminar el esfuerzo, las cadenas recuperan la configuración original y las piezas macroscópicas vuelven a tener la forma primitiva (Callister, 2007).

La fuerza impulsora de la deformación elástica es un parámetro termodinámico llamado entropía, que mide el grado de desorden del sistema. La entropía aumenta al aumentar el desorden. Al aplicar una fuerza a un elastómero, las cadenas se alargan y alinean: el sistema se ordena. A partir de esto, la entropía aumenta al volver las cadenas a su original estado. Este efecto entrópico origina dos fenómenos: el primero, al aplicar un esfuerzo al elastómero, este aumenta su temperatura; y el segundo, el módulo de elasticidad aumenta al incrementar la temperatura, comportamiento contrario al de otros materiales (Callister, 2007).

Un polímero se clasifica como elastómero si cumple los siguientes criterios:

1. Debe cristalizarse con dificultad, pues los elastómeros son amorfos.

2. Las rotaciones de los enlaces de las cadenas deben ser relativamente libres para facilitar la respuesta de las cadenas enrolladas al aplicar un esfuerzo.
3. Para que los elastómeros experimenten una gran deformación elástica, el inicio de la deformación plástica debe retardarse.

La restricción de la movilidad que origina el entrecruzamiento de las cadenas contribuye a este objetivo. El entrecruzamiento actúa impidiendo el deslizamiento mutuo de las cadenas unidas. En la mayoría de los elastómeros el entrecruzamiento se realiza por el proceso denominado vulcanización.

Finalmente, los elastómeros deben estar por encima de la temperatura de transición vítrea. La menor temperatura a la cual persiste el comportamiento elastomérico está comprendida para muchos elastómeros entre 50° y 90° C por debajo de la temperatura de transición vítrea que es punto donde el elastómero se fragiliza (Callister, 2007).

## **2.9. PRESENTACIONES FÍSICAS DE LOS ELÁSTICOS Y DE LOS ELASTÓMEROS PARA ORTODONCIA**

### **2.9.1 MÓDULOS ELÁSTICOS**

Son anillos pequeños e individuales que sirven para ligar los alambres contra las ranuras de los brackets. Son mucho más flexibles que las ligaduras metálicas y no adosan el alambre en forma completa (Cuesta, 2012).

Gozan de mucha popularidad en la actualidad por su fácil manejo por parte del operador, mayor comodidad para el paciente y estética agradable ya que se presentan de múltiples colores. Tienen las desventajas de producir fricción entre el bracket y el alambre, a la vez que dificultan la higiene, además, en cortos períodos sufren modificación en su elasticidad y se tornan malolientes debido a la acumulación de placa bacteriana (Otaño, 2008).

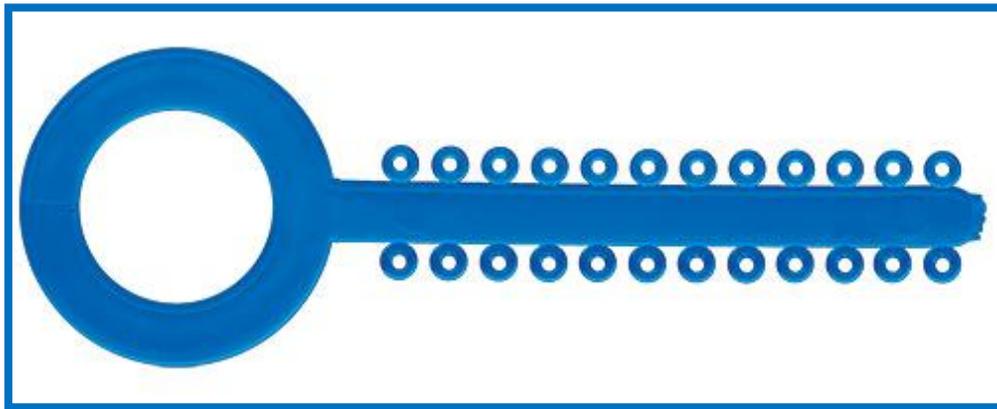


Imagen 1. Módulos Elásticos  
Fuente: <http://www.orthoorganizers.com/>

### **2.9.2 CUÑAS DE ROTACIÓN**

Consisten en pequeños módulos o cilindros de goma, compresibles y elásticos que se ubican fácilmente entre el bracket y el arco. Su función es la de aumentar la distancia existente entre el bracket y el alambre en el lado contrario en donde se inserta. Son muy útiles para corregir pequeñas rotaciones, siempre que se ligen correctamente, primero sin ejercer presión sobre el diente y luego ayudándolo con un instrumento para que ejerzan su acción (Cervera-Sabater & Mónica, 2003) (Uribe Restrepo, 2004).

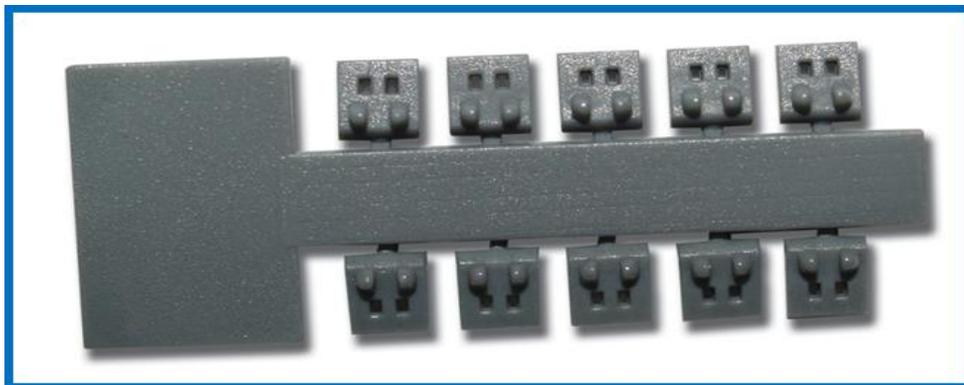


Imagen 2. Cuñas de rotación  
Fuente: [www.dentsply.com](http://www.dentsply.com)

### 2.9.3 ANILLOS SEPARADORES

Se ubican estirados y adelgazados entre los espacios interproximales de los dientes, atravesando el punto de contacto. En poco tiempo, regresan a su tamaño y grosor inicial, separando y generando espacios que se utilizan para acomodar bandas metálicas o para hacer reducción de esmalte interproximal (Uribe Restrepo, 2004).



Imagen 3. Anillos separadores  
Fuente: [www.dentsply.com](http://www.dentsply.com)

## 2.9.4 HILOS ELÁSTICOS

Se utilizan para mover y traccionar dientes que están muy separados del arco principal. Vienen en diferentes calibres y colores (Uribe Restrepo, 2004).

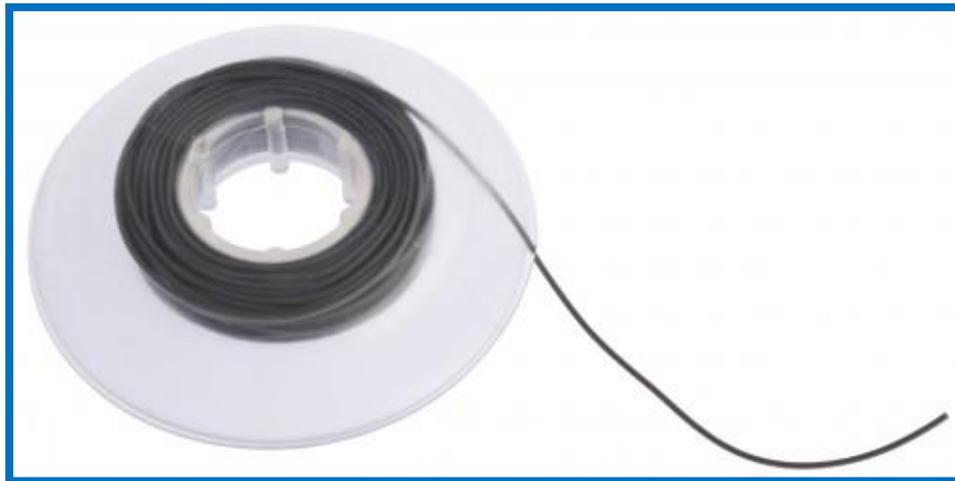


Imagen 4. Hilos Elásticos  
Fuente: <http://www.ortoarea.com/>

## 2.9.5 ELÁSTICOS INTERMAXILARES E INTRAMAXILARES

Son bandas de caucho de forma circular que se clasifican de acuerdo al diámetro del lumen interno y al espesor, estos dos factores son los que determinan la fuerza que producen. Dependiendo de la forma como se usan pueden producir fuerzas en sentido horizontal, vertical y transversal.

### 2.9.5.1 ELÁSTICOS INTERMAXILARES

Son aquellos que se colocan y actúan en los dos maxilares. Las fuerzas que producen son de tipo horizontal, transversal y vertical. Sus principales aplicaciones son:

- Producir cambios dentarios anteroposteriores.
- Maloclusiones clase II y clase III dental y/o esqueletal.
- Ayudan a obtener una clase I canina desde una relación clase II y clase III
- Anclaje.
- Movimiento distal del segmento anterior o mesial del segmento posterior.
- Avance del arco mandibular.
- Cierre de mordida abierta.
- Retroinclinación de incisivos superiores y proinclinación de los inferiores o retroinclinación de incisivos inferiores y proinclinación de los superiores.
- Para cerrar pequeños espacios (Farfan Rodriguez, 2014).



Imagen 5. Elásticos Intermaxilares  
Fuente: [www.ortoadvance.com](http://www.ortoadvance.com)

### 2.9.5.2 ELÁSTICOS INTRAMAXILARES

Son aquellos que se colocan y actúan en un mismo arco dental. Las fuerzas que producen son de tipo horizontal. Los elásticos intramaxilares más utilizados actualmente son fabricados con polímeros de alta densidad. Sus principales aplicaciones son:

- Cierre de espacios.
- Movimiento distal (retracción).
- Movimiento de mesialización.
- Extrusión e intrusión.
- Rotar un diente o dientes recíprocos.
- Mover un diente el cual es difícil de ajustar en el arco de alambre.
- Extruir un diente (Farfan Rodriguez, 2014).



Imagen 6. Elásticos intramaxilares  
Fuente: <http://www.medontolab.com/>

## 2.9.6 ELÁSTICOS EXTRABUCALES

Se usan para desarrollar fuerzas conjuntamente con algún tipo de aparatología extrabucal (máscara facial). Generan fuerzas de diferente magnitud.



Imagen 7. Elásticos Extrabucales  
Fuente: [www.fascinaciondental.com](http://www.fascinaciondental.com)

### 3. CADENAS ELÁSTICAS

Las cadenas elastoméricas son un material rutinariamente usado en la práctica ortodóncica, consisten en unos enlaces circulares unidos por medio de conectores de diversas longitudes y que se encuentran disponibles en una amplia gama de marcas y colores (Stroede C, 2012).

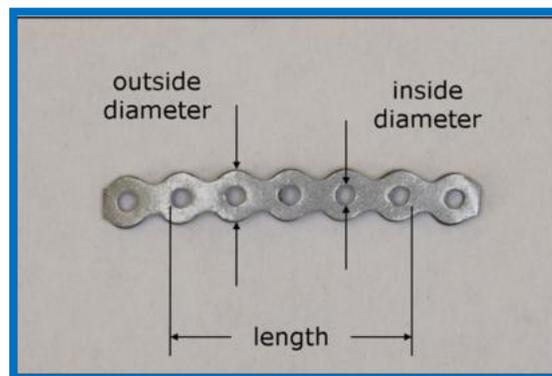


Imagen 8. Muestra de una cadena  
Fuente: (Stroede C, 2012)

Las cadenas elásticas sirven para generar fuerzas leves y continuas para retracción de caninos, cierre de diastemas, corrección de rotaciones y cierre de espacios en el arco.

De la configuración de la cadena dependerá la forma en que el comportamiento de la cadena elástica se ve afectado. De esto se puede concluir que las cadenas de filamento largo entregan una cantidad de fuerza inicial menor a la misma extensión y muestran una mayor proporción de pérdida de fuerza bajo carga, que las cadenas elásticas de enlaces cerrados (Baty DL, 1994).

Las cadenas elásticas pueden verse afectadas por diversos factores como la temperatura, el ambiente intraoral, absorción de agua, acción de sustancias que se encuentran contenidas en la saliva, cambios en el pH salival, luz solar y ultravioleta, higiene oral y efectos de las fuerzas de masticación, así como propiedades de degradación y efectos del preestiramiento, los cuales pueden provocar un rápido deterioro de la materia (Baty DL, 1994).

### **3.1. FORMAS DE FABRICACIÓN DE LAS CADENAS ELÁSTICAS**

Las cadenas elastoméricas son hechas en dos formas básicas: moldeado por inyección y troquelado.

Las cadenas realizadas por moldeado por inyección, son hechas mediante inyección de un material elastomérico licuado dentro de un molde y el cual después es curado, mientras que las cadenas hechas por troquelado son cortadas de un elastómero previamente procesado (Taloumis L, 1997).

### **3.2. TIPOS DE CADENAS ELÁSTICAS**

La configuración de la cadena depende de la distancia existente entre los enlaces, denominándose así cadena cerrada, corta o larga (Baty DL, 1994). La distancia que separa los enlaces depende de la longitud de los eslabones de cada marca comercial.

De acuerdo a la distancia entre el centro del eslabón hasta el centro del siguiente (distancia intereslabón), las cadenas se dividen en 3 tipos:

- *Cadena cerrada o continua:* En este tipo de cadenas la distancia intereslabón es de 3 mm. Estas por lo general pueden brindar niveles de fuerza inicial más altos.
- *Cadena corta:* La distancia intereslabón de esta cadena es de 3.5 mm.
- *Cadena larga:* La distancia intereslabón es de 4 mm.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CADENAS ELÁSTICAS**

- Inhabilidad para brindar niveles de fuerza continua por un periodo prolongado de tiempo.
- Capacidad de generar fuerzas útiles por diferentes periodos de tiempo.
- Propiedades de memoria elástica.
- Propiedades antioxidantes y antiozonantes, que extienden la vida útil del elastómero.

(Tuesta O, 2000) (Lopes da Silva D, 2009)

### **3.4. VENTAJAS**

- Biocompatibles.

- Económicas.
- Relativamente Higiénicas.
- Fácil colocación.
- Contribuye en la motivación del paciente debido a la variedad de colores existentes.
- No requiere la cooperación del paciente.

(Lopes da Silva D, 2009) (Wong, 1976)

### **3.5. DESVENTAJAS**

Una vez estiradas y sometidas al ambiente oral las cadenas elásticas:

- Absorben agua y saliva.
- Adquieren manchas permanentes.
- Sufren un rompimiento de los enlaces internos que permiten la deformación permanente.
- Experimentan una rápida pérdida de la fuerza debido a la relajación de las tensiones, resultando en una pérdida gradual de la efectividad.
- Se someten a cambios en sus propiedades físicas que son dependientes del tiempo.

- Las superficies de los dientes y los tejidos blandos pueden verse afectados por la acumulación microbiana, en las partes adyacentes donde se encuentran las cadenas. (Baty DL, 1994) (Taloumis L, 1997) (Lopes da Silva D, 2009)

### **3.6. FUERZA DE LOS ELÁSTICOS**

Existen varios artículos en los que se discute la fuerza aplicada y la pérdida de fuerza de los elastómeros.

La fuerza aplicada describe la cantidad de aquella fuerza que es entregada por la cadena elastomérica cuando es primero estirada a una longitud definida. La pérdida de fuerza se refiere a la relajación del estrés que presenta dicho material (Stroede C, 2012).

La fuerza producida por los elásticos sobre uno o más dientes depende de su magnitud. El estrés producido depende del sitio de aplicación, de la distribución a través del ligamento periodontal y dirección, longitud, diámetro y contorno de la raíz, proceso alveolar, salud dental y edad (Singh V P, 2012).

Algunas variables afectan el comportamiento clínico de las cadenas elastoméricas actuando directamente sobre la fuerza entregada y la pérdida de la fuerza, estos incluyen diseño de la cadena, factores de carga y factores ambientales:

#### *1. Diseño de la cadena:*

- Longitud (número de enlaces).
- Factores de Manufactura.

- Material.
- Técnica de manufactura.
- Geometría (diámetro, grosor, distancia entre enlaces).
- Color.

## 2. *Factores de carga:*

- Método de carga.
- Cantidad de la carga inicial.
- Efectos de la carga en el movimiento dental.
- Prestiramiento.
  - Cantidad de prestiramiento.
  - Tiempo que se mantuvo la carga del prestiramiento.

## 3. *Factores ambientales:*

- Humedad.
- Temperatura.
- Biopelícula.

- Enzimas salivales.
- Comidas y bebidas.
- Luz ultravioleta.

### **3.7. DEGRADACIÓN DE LA FUERZA**

Muchos estudios con cadenas elásticas, demuestran que este tipo de materiales no pueden producir niveles constantes de fuerzas por un periodo de tiempo prolongado y que la mayor pérdida de su fuerza ocurre en las primeras horas. Después de este periodo la pérdida de fuerza es más gradual (Baty DL, 1994) (Wong, 1976) (Lopes da Silva D, 2009).

Bishara y Andreasen han evaluado la degradación de la fuerza, en donde la mayor pérdida de esta se registró en la primera hora con un porcentaje del 30%. También se encontró una pérdida de la fuerza del 50% pasado el primer día, y el 40% de remanente de la fuerza original después de 4 semanas. Consecuentemente a esto, Bishara y Andreasen recomendaron la aplicación de una mayor fuerza inicial que la deseada para dar un movimiento ortodóncico, para remediar tal pérdida de fuerza durante el uso continuo de las cadenas (Baty DL, 1994).

Wong en 1976 recomienda pre-estirar las cadenas elásticas tres veces su longitud original, para pre-tensar los enlaces poliméricos y mejorar la fuerza. (Wong, 1976)

La pérdida de la fuerza hace difícil para el ortodoncista poder determinar la cantidad de fuerza real que se transmite a los dientes (Baty DL, 1994).

Hershey and Reynolds en 1975, demostraron con sus resultados que no habían diferencias significativas en el comportamiento de la degradación de la fuerza, pero si existieron diferencias sustanciales en la fuerza inicial liberada por las cadenas. Así los autores recomendaron que es importante la utilización de un calibre en la clínica para poder determinar la carga inicial de las cadenas (Baty DL, 1994).

Wong en 1976 encontró en su estudio que las cadenas que se estiran a más de 300 gramos tienden a perder mayor fuerza que las estiradas a menor longitud.

Estudios realizados por Rock y Von Fraunhofer muestran que, cuando las cadenas son estiradas a más de 300 gramos, ocurre una deformación permanente del material y por lo tanto la liberación de la fuerza es menos predecible.

Huget y colaboradores en 1990, concluyeron en sus estudios que la disminución de la fuerza en los primeros siete días puede ser el resultado de la absorción de agua y del estiramiento inicial al que son sometidas las cadenas, mientras que Killiany y Duplessis reportaron que la pérdida de fuerza depende de la marca.

## 4. MOVIMIENTO DENTAL

El movimiento dental ortodóncico es una reacción biológica de los tejidos dentoalveolares a aplicaciones de fuerza externas. Una de las bases más importantes para que pueda darse el movimiento ortodóncico es aplicar fuerzas fisiológicamente tolerables (Baty DL, 1994), además es fundamental entender los fenómenos celulares, bioquímicos y moleculares que ocurren en la estructura del ligamento periodontal y del hueso alveolar durante el tratamiento de ortodoncia (Interlandi, 2002).

El tratamiento de ortodoncia se basa en el principio del hecho de que al aplicarse una presión continua sobre uno o más dientes, se producirá movimiento debido a la remodelación del hueso que lo rodea, el cual desaparece de unas zonas y se añade a otras. El diente debido a la presión aplicada, se mueve a través del hueso y dicho movimiento esta mediado netamente por el ligamento periodontal (Proffit, 1994).

Cada uno de los dientes está fijado al hueso alveolar por una estructura de colágeno denominada ligamento periodontal, el cual en condiciones de normalidad mide alrededor de 0.5 mm a lo largo y ancho de toda la raíz dentaria, cuyos principales componentes son una red de fibras colágenas, elementos celulares (fibroblastos, osteoblastos), vasculares, neurales y líquidos hísticos (Proffit, 1994).

Cuando se somete al diente a cierta fuerza, este se mueve a través del espacio del ligamento periodontal, comprimiendo el ligamento en algunos puntos y tensándolo en

otros. El flujo sanguíneo disminuye en donde el ligamento periodontal queda comprimido, disminuyendo así los niveles de oxígeno y por lo general el flujo sanguíneo aumenta o se mantiene en los sitios en donde el ligamento se tensiona, produciendo así mayores niveles de oxígeno. Este proceso permite el estímulo para que se produzca la diferenciación y actividad celular, en el cual actúan los osteoclastos que son los encargados de eliminar tejido óseo del área en que el ligamento periodontal se encuentra comprimido y a la vez osteoblastos que forman nuevo tejido óseo en el lado que se encuentra sometido a tensión y para remodelar las zonas que fueron reabsorbidas por los osteoclastos, de esta forma produciéndose el movimiento dental (Proffit, 1994).

Por lo tanto, se puede decir que los niveles de fuerza adecuados para el movimiento ortodóncico deberían ser fuerzas continuas lo suficientemente elevadas para poder estimular la diferenciación y actividad celular y, a la vez, adecuadamente leves para no producir una compresión total de los vasos sanguíneos del ligamento que impidan el flujo sanguíneo, el aporte de oxígeno y por ende la respuesta biológica de los tejidos (Proffit, 1994).

#### **4.1. FUERZA IDEAL DE LOS MOVIMIENTOS DENTARIOS**

Las fuerzas para el movimiento dental consideradas como óptimas son las siguientes:

Tabla 1. Fuerza ideal de los movimientos dentarios

Tipo de movimiento	Fuerza (gr)
Inclinación	35-60
Movimiento en masa (Translación)	70-120
Enderezamiento radicular	50-100
Rotación	35-60
Extrusión	35-60
Intrusión	10 -20

(Proffit, 1994)

Según estudios realizados por Reitan (Reitan, 1957), se concluyó que la fuerza ideal para retracción de caninos era entre 150 y 250 gramos (Tuesta O, 2000), al igual que Smith and Storey lo afirman.

Andreasen y Zwanziger, en su estudio sugieren una fuerza adecuada para mover caninos entre 100 y 150 gramos.

En 1985, Quinn y Yoshikawa, llegaron a la conclusión de que la fuerza más eficiente para el movimiento de retracción de caninos es de 100 a 200 gramos.

Los materiales usados en la práctica ortodóncica para mover dientes incluyen arcos con ansas de cierre, resortes, ligaduras y cadenas elásticas (Wong, 1976) (Lopes da Silva D, 2009).

## 5. SALIVA

La saliva como fluido es un compuesto de las secreciones de las glándulas salivales mayores y menores (Walsh, 2008). La secreción diaria oscila entre 500 y 1500 ml, con un volumen medio en la boca de 1,1 ml. Su producción está controlada por el sistema nervioso autónomo. En reposo, la secreción oscila entre 0,25 y 0,35 ml/mn y procede sobre todo de las glándulas submandibulares y sublinguales. Ante estímulos sensitivos, eléctricos o mecánicos, el volumen puede llegar hasta 1,5 ml/mn. El mayor volumen salival se produce antes, durante y después de las comidas, alcanza su pico máximo alrededor de las 12 del mediodía y disminuye de forma muy considerable por la noche, durante el sueño (Puy, 2006).

La saliva tiene una multiplicad de funciones:

- Lubricar los tejidos orales (para tragar y hablar);
- Ayudar al sentido del gusto, al actuar como solvente para iones, y a través de proteínas tales como la gustina.
- Mantener la salud de la mucosa oral, mediante factores de crecimiento que fomentan la cicatrización de heridas, y cistatinas que inhiben las enzimas destructivas tales como las cisteína proteasas;
- Ayudar en la digestión, mediante amilasa y lipasa;

- Diluir y limpiar material de la cavidad oral;
- Amortiguar los ácidos de la placa dental y de los alimentos y bebidas ingeridos, y prevenir la erosión causada por episodios de exposición prolongada a los ácidos débiles (como vinos y refrescos de cola negra) o exposición a corto plazo a los ácidos fuertes (como reflujo y vómito);
- Servir como depósito para iones (calcio, fósforo, y fluoruro) para la remineralización;
- Controlar la microflora oral, mediante mediadores inmunológicos (IgA), enzimáticos, pépticos y químicos (Walsh, 2008).

La saliva constituye una de las secreciones más abundantes del cuerpo, si bien la cantidad de saliva es importante, también lo es la calidad de la misma, ya que cada uno de sus componentes desempeña una serie de funciones específicas (Puy, 2006). La composición de la saliva varía de un sitio a otro dentro de la boca de cada individuo de acuerdo a diferentes situaciones, y cambia según la hora del día y la proximidad a las horas de las comidas. Sus propiedades son afectadas por el nivel de hidratación y la salud general del individuo.

La saliva puede ser considerada como un filtrado del suero puesto que se deriva de la sangre. Resulta que el proceso de producción de saliva está unido al equilibrio del fluido corporal en su totalidad, y que el flujo de sangre a través de los tejidos de las glándulas salivares (de ramas de las arterías maxilares y otras) tiene un efecto mayor sobre la producción de saliva. El 99% del volumen de la saliva es agua, y sirve como solvente para otros componentes que la forman (Walsh, 2008).

Las glándulas salivales principales están compuestas por diferentes células acinares programadas para sintetizar diferentes secreciones. Las glándulas parótidas producen una secreción proteínosa y acuosa; la secreción de las glándulas submandibulares tienen una secreción un tanto serosa como mucosa y produce saliva con menor contenido de proteínas y mayor viscosidad que las glándulas parótidas. Las glándulas salivales menores son glándulas mucosas que producen una saliva viscosa y rica en IgA (Echeverri, 1995).

## **5.1. SALIVA ARTIFICIAL**

No existe una composición de saliva artificial aceptada universalmente (Ferriter, 1990), actualmente la saliva artificial funciona como complemento de la saliva natural ya que al variar la composición física y química de la saliva natural constantemente, es difícil poder emularla. Por tal motivo, las salivas artificiales generalmente contienen minerales y agentes de defensa ya que su utilización habitual es para tratar la Xerostomia que es la ausencia parcial o total de saliva. Sin embargo, la saliva artificial no contiene las enzimas digestivas y antisépticas, además de otras proteínas y minerales presentes en la saliva humana.

## **5.2. LA COMPOSICIÓN DE LA SALIVA ARTIFICIAL**

La saliva artificial utilizada en la presenten investigación fue la marca Salivsol, cada 100 ml contiene:

Cloruro de sodio.....	0,084 g
Cloruro de Potasio.....	0,120 g
Cloruro de Calcio Dihidrato.....	0,015 g
Cloruro de Magnesio Hexahidrato.....	0,005 g
Excipientes c.s.p.....	100



Imagen 9. Saliva artificial, marca: Salivsol

## **6. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.1. TIPO DE ESTUDIO**

El presente estudio se lo califica como cuantitativo, experimental e in vitro.

### **6.2. UNIVERSO Y MUESTRA**

Para realizar el estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas del tipo cerrada se seleccionó cinco marcas comerciales. El criterio de selección fue determinado por:

- Disponibilidad en el mercado.
- Utilización cotidiana en la Escuela de Odontología – Especialización en Ortodoncia.
- Popularidad de la marca comercial.

Las cinco marcas comerciales seleccionadas son:

❖ American Orthodontics

❖ GAC

❖ Ormco

❖ Ortho Classic

❖ Ortho Organizers

Por cada marca comercial, la muestra que se estimó es de 98 cadenas elásticas de cinco eslabones del tipo cerrada. La cantidad es representativa de cada marca comercial debido a que son productos fabricados bajo normas de calidad que garantizan la igualdad de los mismos.

### 6.3. VARIABLES DEL ESTUDIO

Tabla 2. Variables del estudio

Variable	Definición	Medida
1. La fuerza	La fuerza es la magnitud física capaz de deformar los cuerpos, modificar su velocidad o ponerlos en movimiento	Gramos
2. Tiempo de inmersión	Duración del experimento.	Horas / días

### 6.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Fueron incluidos en este estudio las cadenas elásticas pertenecientes a cada una de las cinco marcas comerciales que hacen parte del proyecto y que cumplan con las siguientes características:

- ✓ Tipo de cadena elástica cerrada.
- ✓ Nuevas y/o selladas.

- ✓ Color: Transparente.
- ✓ Un año antes de su fecha de expiración.

## **6.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- ✓ Tipo de cadena elástica que no sea cerrada.
- ✓ Las cadenas elásticas que no eran nuevas.
- ✓ Fueron excluidas las cadenas que presentaron otro color que no sea transparente.
- ✓ También fueron excluidas aquellas cadenas cuya fecha de expiración era menor a un año

## 6.6. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Tabla 3. Materiales, herramientas, instrumental y equipos

Cantidad	Marca	Descripción
98	American Orthodontics	Cadenas elásticas de cinco eslabones del tipo cerrada
98	GAC	
98	Ormco	
98	Ortho Classic	
98	Ortho Organizers	
1	Ortho Organizers	Dinamómetro
1	IDRAG	Regla milimétrica
40	Salivsol	Saliva artificial de 60 ml
1	Memmert	Incubadora
1	Fire-King	Recipiente termo-resistente
6	-	Plataformas
141	-	Puntos de sujeción
5	-	Planillas para el registro y análisis de datos

## 6.7. DISEÑO DEL PROYECTO

Para realizar el estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza se utilizó 98 cadenas elásticas de cinco eslabones del tipo cerradas de cada una de las cinco marcas comerciales.



Imagen 10. Rollos de cadenas elásticas: American Orthodontics, GAC,Ormco, Ortho Classic y Ortho Organizers

Tabla 4. Cadenas elásticas utilizadas

Marca Comercial	Cantidad	Imagen
American Orthodontics	98	
GAC	98	
Ormco	98	
Ortho Classic	98	
Ortho Organizers	98	
Total	490	

Cada muestra, de cada marca comercial, fue dividida en 7 grupos de 14 cada uno, por periodo de tiempo.

Tabla 5. Distribución de las marcas comerciales por grupos

Marca Comercial	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Subtotal
	Control	1 Hora	24 Hs	7 días	14 días	21 días	28 días	
American Orthodontics	14	14	14	14	14	14	14	98
GAC	14	14	14	14	14	14	14	98
Ormco	14	14	14	14	14	14	14	98
Ortho Classic	14	14	14	14	14	14	14	98
Ortho Organizers	14	14	14	14	14	14	14	98

Total	490
-------	-----

## 6.8. MÉTODO DE MEDICIÓN

Para la medición de las cadenas elásticas de 5 eslabones de tipo cerrada se utilizó un dinamómetro “Deluxe Gram Gauge” marca Ortho Organizers, a fin de medir la fuerza inicial de 150 gramos/fuerza y determinar el estiramiento inicial de la muestra control y, la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas en los periodos de tiempo establecidos.

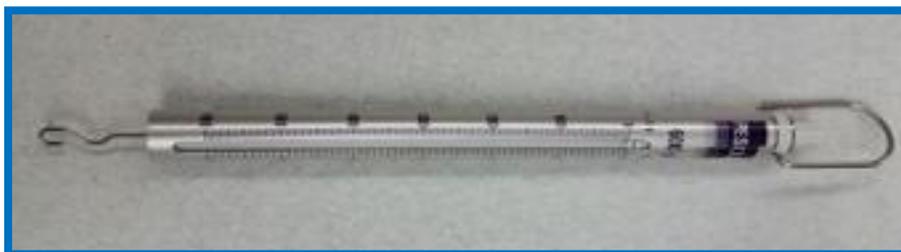


Imagen 11. Dinamómetro marca Ortho Organizers

Para realizar la medición de las 490 cadenas elásticas de cinco eslabones de tipo cerrada de forma estandarizada, se construyó una plataforma sobre la cual en un extremo hay un punto de sujeción para las cadenas elásticas, y una regla milimétrica colocada desde el punto de sujeción para determinar la distancia del estiramiento. De esta manera se garantiza que todos los estiramientos se realizan en condiciones idénticas.



Imagen 12. Plataforma de medición

El grupo 1 de 14 cadenas elásticas no fue sumergido en saliva artificial. Cada cadena elástica de la muestra control se estiró con el dinamómetro a 150 gramos/fuerza a fin de determinar el estiramiento inicial en milímetros. Sobre el promedio de las mediciones de las 14 cadenas elásticas, se determinó la distancia de los puntos de sujeción que fueron sometidos los seis grupos restantes de la misma marca comercial sumergidos en saliva artificial.

Tabla 6. Registro de datos del estiramiento inicial

Medición	Milímetros				
	American Orthodontics	GAC	Ormco	Ortho Classic	Ortho Organizers
1	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
2	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
3	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
4	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
5	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
6	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
7	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
8	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
9	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
10	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
11	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
12	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
13	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
14	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm
<b>Total</b>	210	224	224	196	196
<b>Media</b>	15 mm	16 mm	16 mm	14 mm	14 mm

Ya determinada la distancia media de cada marca comercial, se fabricó cinco plataformas con los puntos de sujeción determinados por la muestra control.

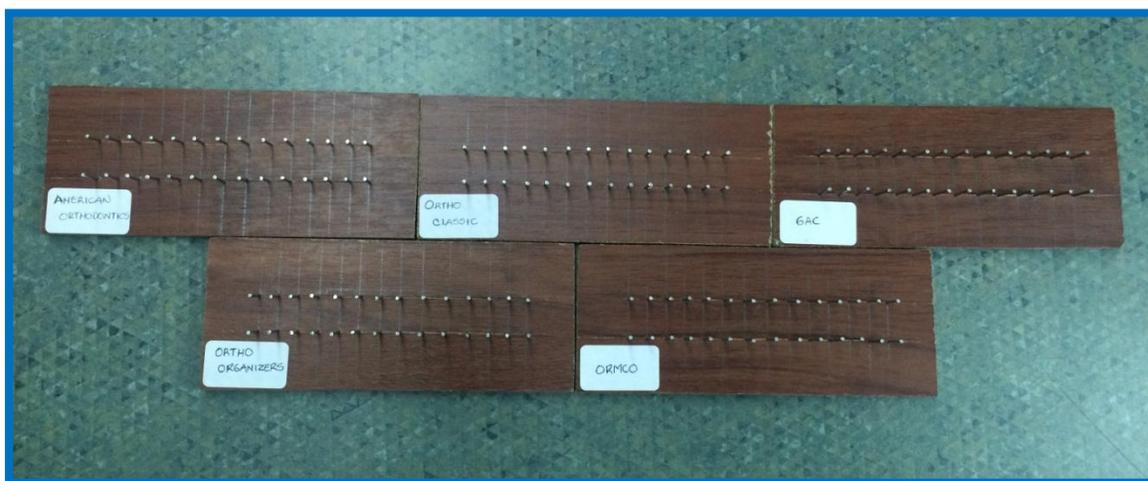


Imagen 13. Plataformas con los puntos de sujeción de American Orthodontics, GAC, Ormco, Ortho Classic, Ortho Organizers

Se prosiguió a colocar las cadenas elásticas de cinco eslabones de tipo cerrada en los puntos de sujeción de la plataforma de la marca comercial correspondiente.



Imagen 14. Cadenas elásticas instaladas. Marca comercial: American Orthodontics

Una vez realizado el mismo procedimiento para todas las marcas comerciales restantes, se procedió a colocar las plataformas en un recipiente de vidrio termo-resistente, sumergiéndolas en saliva artificial marca Salivsol y colocados en la incubadora a 37° Celsius por los periodos de tiempo:



Imagen 15. Recipiente termo-resistente

- Grupo 2 durante 1 hora.
- Grupo 3 durante 24 horas.
- Grupo 4 durante 7 días.
- Grupo 5 durante 14 días.

- Grupo 6 durante 21 días.
- Grupo 7 durante 28 días.

Una vez cumplido los periodos de tiempo establecidos se retiraron las cadenas elásticas de las plataformas de sujeción.



Imagen 16. Cadenas elásticas en la incubadora

Para garantizar que los estiramientos fueran realizados en condiciones estandarizadas, se dejó reposar las cadenas elásticas durante 15 minutos sobre papel absorbente a fin de que tomen temperatura ambiente y se encuentren secas al momento de realizar la medición.

Finalmente, se realizó la medición de las cadenas elásticas en cada uno de los periodos de tiempo establecido. Para esto se colocó cada cadena en el punto de sujeción de la plataforma de medición y con el dinamómetro marca Ortho Organizers se la estiró a igual distancia que la muestra control. Este procedimiento se aplicó a cada cadena elástica de todas las marcas comerciales analizadas en este estudio.



Imagen 17. Medición de fuerza de las cadenas elásticas

## 6.9. MÉTODO ESTADÍSTICO

Todos los datos de medición fueron registrados en una planilla para posteriormente analizar y comparar la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas de cada marca comercial. Una vez segmentada cada marca comercial se procedió a calcular la media aritmética (promedio), el desvío estándar y coeficiente de variación de la muestra control y de las cadenas elásticas sumergidas en saliva artificial por los periodos de tiempo establecidos. Para tal fin se procedió de la siguiente manera:

Tabla 7. Planilla de registro de datos

Medición	Gramos / Fuerza						
Cadenas	Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
<b>Total</b>							
<b>Media</b>							

Registrados los datos de todas las marcas comerciales, se procedió a analizar la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas al ser sumergidas en un medio salival artificial por los periodos de tiempo establecidos. Una vez analizada cada marca comercial, se realizó un análisis comparativo de los niveles de degradación de fuerzas de las cadenas elásticas de las cinco marcas comerciales.

Finalmente los resultados permitirán al ortodoncista tomar la mejor decisión en relación a la selección de las cadenas elásticas en virtud de las necesidades del tratamiento del paciente.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. ANÁLISIS: AMERICAN ORTHODONTICS

Tabla 8. Análisis estadístico: American Orthodontics

	1 Hora	24 hs	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
Media <sup>1</sup>	104,29 gr	75 gr	25,36 gr	5,36 gr	0 gr	0 gr
Error típico de la media <sup>2</sup>	0,89	1,05	0,63	0,24	0	0
Moda <sup>3</sup>	105 gr	75 gr	25 gr	5 gr	0 gr	0 gr
Desvió Estándar <sup>4</sup>	3,32	3,92	2,37	0,91	0	0
Mínimo	95 gr	70 gr	20 gr	5 gr	0 gr	0 gr
Máximo	110 gr	80 gr	30 gr	7,5 gr	0 gr	0 gr

Se observa en la tabla N° 8, que la *media* de la marca comercial American Orthodontics en la primera hora se inicia con una fuerza media de 104,29 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a los 28 días cuya media es de 0 gr/fuerza, observando que se perdió el total de fuerza inicial de 150 gr/fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que aunque es menor en los días 7 en comparación con el de la hora 1, los datos de menor valor se parecen mucho a su valor

<sup>1</sup> La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

<sup>2</sup> El error típico de la media representa la incertidumbre determinada en función de la desviación estándar y del tamaño muestral. Cuanto mayor sea el tamaño muestral, menor será nuestra incertidumbre.

<sup>3</sup> Indica el valor que más se repite en los datos registrados.

<sup>4</sup> Constante que representa una medida de dispersión media de una variable aleatoria X, respecto a su valor medio o esperado. Puede interpretarse como medida de "variabilidad" de la variable.

medio, lo contrario ocurre cuando el valor es grande. En los días 21 y 28 el valor es de 0 por la razón de que la fuerza se ha perdido en su totalidad.

Se observa que en la hora 1 el valor de la *moda* es de 105 gr/fuerza, luego este al igual que la media según pasa el tiempo los valores que más se repiten, van disminuyendo paulatinamente.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la hora 1 es de 3,32, aunque su dispersión es mayor que la de dos periodos de tiempo, esta solo demuestra cuanto están separados los valores de la media.

Por último respecto del valor *máximo*, este es de 110 gr/fuerza en la hora 1, y luego a disminuir 15 gr/fuerza, llegando a su *mínimo* a 95 gr/fuerza, mientras que al transcurrir 28 días el valor *máximo* que alcanzó es de 0 y en este tiempo disminuyó a 0.

Tabla 9. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial American Orthodontics

Periodo	Porcentaje
1 h	30,47%
24 hs	50,00%
7 días	83,09%
14 días	96,42%
21 días	100,00%
28 días	100,00%

La tabla N° 2 muestra el porcentaje de fuerza perdida en relación a la muestra control de 150 gr/fuerza; así desde la hora 1 hasta los 28 días se demuestra que, durante la

hora 1 se perdió un total de fuerza del 30,47% y al transcurrir el tiempo hasta llegar al día 28 se perdió un total del 100% de la fuerza.

## 7.2. ANÁLISIS: GAC

Tabla 10. Análisis estadístico: GAC

	1 Hora	24 hs	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
Media	132,14 gr	101,43 gr	45,43 gr	18,93 gr	7,5 gr	3,04 gr
Error típico de la media	0,69	1,1	1,28	1,25	0,69	0,6
Moda	130 gr	105 gr	50 gr	20 gr	5,00 <sup>a</sup> gr	5 gr
Desvió Estándar	2,57	4,13	4,8	4,67	2,59	2,23
Mínimo	130 gr	95 gr	40 gr	12,5 gr	5 gr	0 gr
Máximo	135 gr	105 gr	50 gr	25 gr	10 gr	5 gr

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

En la tabla N° 10 se observa que la *media* de la marca comercial GAC en la primera hora se inicia con una fuerza media de 132,14 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a los 28 días cuya media es de 3,04 gr/fuerza, observando que casi se perdió el total de fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que el de menor valor es el de la hora 1, esto significa que los datos de menor valor se parecen mucho a su valor medio.

Se observa que en la hora 1 el valor de la *moda* es de 130 gr/fuerza, luego este al igual que la media según pasa el tiempo, los valores que más se repiten van disminuyendo, llegando a una moda de 5 gr/fuerza en el día 28, lo que demuestra que a excepción de unos pocos datos casi se pierde la totalidad de la fuerza.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la hora 1 es de 2,57, aunque su dispersión es mayor que del día 28 no posee una diferencia significativa respecto de la media en los periodos de tiempo analizados.

Por último respecto del valor *máximo*, este es de 135 gr/fuerza en la hora 1 y luego a disminuir 5 gr/fuerza, llegando a su *mínimo* a 130 gr/fuerza, mientras que al transcurrir 28 días el valor *máximo* que alcanzo es de 5 gr/fuerza y en este tiempo disminuyó a 0, demostrando que en algunos de los casos se perdió en su totalidad la fuerza.

Tabla 11. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial GAC

Periodo	Porcentaje
1 h	11,90%
24 hs	32,28%
7 días	69,71%
14 días	87,38%
21 días	95,00%
28 días	97,97%

La tabla N° 11 muestra el porcentaje de fuerza perdida a lo largo del periodo con relación a la muestra control de 150 gr/fuerza; así desde la hora 1 hasta los 28 días se demuestra que, durante la hora 1 se perdió un total de fuerza del 11,90% y al transcurrir el tiempo hasta llegar al día 28 se perdió un total del 97,97% de la fuerza.

### 7.3. ANÁLISIS: ORMCO

Tabla 12. Análisis estadístico: Ormco

	1 Hora	24 hs	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
Media	147,14 gr	120,57 gr	98,21 gr	80,36 gr	72,14 gr	57,5 gr
Error típico de la media	0,69	0,25	0,66	1,23	1,14	1,02
Moda	145 gr	120 gr	100 gr	85 gr	75 gr	55,00 <sup>a</sup> gr
Desvió Estándar	2,57	0,94	2,49	4,58	4,26	3,8
Mínimo	145 gr	120 gr	95 gr	75 gr	60 gr	50 gr
Máximo	150 gr	122 gr	100 gr	85 gr	75 gr	65 gr

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

En la tabla N° 12, *la media* de la marca comercial Ormco en la hora 1 comienza con una fuerza media de 147,14 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a los 28 días cuya media es de 57,50 gr/fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que aunque es menor en la hora 24 en comparación con el de la hora 1, los datos de menor valor se parecen mucho a su valor medio, lo contrario ocurre cuando el valor es grande.

Se observa que en la hora 1 el valor de la *moda* es de 145 gr/fuerza, luego este al igual que la media según pasa el tiempo, los valores que más se repiten van disminuyendo paulatinamente.

En los valores de la *moda*, podemos observar, que el dato que más se repite a la hora 1 es 145 gr, luego este al igual que la media según pasa el tiempo los valores que más se repiten, van disminuyendo paulatinamente.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la hora 1 es de 2,57, aunque su dispersión es mayor que la de dos periodos de tiempo, esta solo demuestra cuán separados están los valores de la media.

Por último respecto del valor *máximo* este es de 145 gr/fuerza en la hora 1 y luego a disminuir 5 gr/fuerza, llegando su *mínimo* de 140 gr/fuerza, mientras que al transcurrir 28 días el valor *máximo* que alcanzo es de 65 gr/fuerza y en este tiempo disminuyo a 50 gr/fuerza llegando a su *mínimo*.

Tabla 13. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ormco

Periodo	Porcentaje
1 h	1,90%
24 hs	19,62%
7 días	34,52%
14 días	46,42%
21 días	51,90%
28 días	61,66%

La tabla N° 13 muestra el porcentaje de fuerza perdida a lo largo del periodo con relación a la muestra control de 150 gr/fuerza; así desde la hora 1 hasta los 28 días se demuestra que, durante la hora 1 se perdió un total de fuerza del 1,90% y al transcurrir el tiempo hasta llegar al día 28 se perdió un total de 61,66% de la fuerza inicial.

## 7.4. ANÁLISIS: ORTHO CLASSIC

Tabla 14. Análisis estadístico: Ortho Classic

	1 Hora	24 hs	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
Media	103,57 gr	70 gr	35,36 gr	10 gr	3,93 gr	0,36 gr
Error típico de la media	1,22	0,91	0,98	1,05	0,51	0,24
Moda	105 gr	70 g	35 gr	10 gr	5 gr	0 gr
Desvió Estándar	4,57	3,4	3,65	3,92	1,89	0,91
Mínimo	95 gr	65 gr	30 gr	5 gr	0 gr	0 gr
Máximo	110 gr	75 gr	40 gr	15 gr	5 gr	2,5 gr

En la tabla N° 14, la *media* de la marca comercial Ortho Classic en la hora 1 comienza con una fuerza media de 103,57 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a los 28 días cuya media es de 0,36 gr/fuerza, observando que casi se perdió el total de fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que en la hora 1 posee un valor de 1,22 mayor a todos los periodos de tiempo analizado, los datos de menor valor se parecen mucho a su valor medio, lo contrario ocurre cuando el valor es grande.

Se observa que en la hora 1 el valor de la *moda* es de 105 gr/fuerza, luego este al igual que la media según pasa el tiempo, los valores que más se repiten van disminuyendo paulatinamente, llegando a una moda de 0 en el día 28, lo que demuestra que a excepción de unos pocos datos casi se pierde la totalidad de la fuerza.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la hora 1 es de 4,57, aunque su dispersión es mayor que de los demás periodos de tiempo no existe una diferencia significativa, este análisis demuestra cuán están separados los valores de la media.

Por último respecto del valor *máximo* este es de 110 gr/fuerza en la hora 1 y llegó a disminuir 15 gr/fuerza, llegando su mínimo a 95 gr/fuerza, mientras que al transcurrir 28 días el valor máximo que alcanzó es de 2,5 gr/fuerza y en este tiempo disminuyó a 0, demostrando que en algunos de los casos perdió la totalidad de la fuerza.

Tabla 15. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ortho Classic

Periodo	Porcentaje
1 h	30,95%
24 hs	53,33%
7 días	76,42%
14 días	93,33%
21 días	97,38%
28 días	99,76%

La tabla N° 15 muestra el porcentaje de fuerza perdida a lo largo del periodo con relación a la muestra control de 150 gr/fuerza; así desde la hora 1 hasta los 28 días se demuestra que, durante la hora 1 se perdió un total de fuerza del 30,95% y al transcurrir el tiempo hasta llegar al día 28 se perdió un total de 99,76% de la fuerza inicial.

## 7.5. ANÁLISIS: ORTHO ORGANIZERS

Tabla 16. Análisis estadístico: Ortho Organizers

	1 Hora	24 hs	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
Media	120,36 gr	86,79 gr	37,5 gr	14,82 gr	6,07 gr	1,96 gr
Error típico de la media	1,23	1	0,87	0,85	0,93	0,65
Moda	125 gr	90 gr	35 gr	12,50 <sup>a</sup> gr	5 gr	0 gr
Desvió Estándar	4,58	3,73	3,25	3,17	3,5	2,44
Mínimo	115 gr	80 gr	35 gr	10 gr	0 gr	0 gr
Máximo	125 gr	90 gr	45 gr	20 gr	10 gr	5 gr

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

En la tabla N° 16, la *media* de la marca comercial Ortho Organizers en la hora 1 comienza con una fuerza media de 120,36 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a los 28 días cuya media es de 1,96 gr/fuerza, observando que casi se perdió el total de fuerza inicial de 150 gr/fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que aunque es menor en el día 7 en comparación con el de la hora 1, los datos de menor valor se parecen mucho a su valor medio, lo contrario ocurre cuando el valor es grande.

Se observa que en la hora 1 el valor de la *moda* es de 125 gr/fuerza, luego este al igual que la media según pasa el tiempo, los valores que más se repiten van disminuyendo, llegando a una moda de 0 en el día 28, lo que demuestra que a excepción de unos pocos datos casi se pierde la totalidad de la fuerza.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la hora 1 es de 4,58, aunque su dispersión es mayor que la del resto de los periodos de tiempo analizados, los valores se van reduciendo en el tiempo y tienden a ajustarse a la media.

Por último respecto del valor *máximo* este es de 125 gr/fuerza y llegó a disminuir 10 gr/fuerza, llegando su *mínimo* a 115 gr/fuerza, mientras que al transcurrir 28 días el valor *máximo* que alcanzó fue de 5 gr/fuerza y en este tiempo disminuyó a 0, demostrando que en algunos de los casos perdió la totalidad de la fuerza.

Tabla 17. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control, de las cadenas elásticas de la marca comercial Ortho Organizers

Periodo	Porcentaje
1 h	19,76%
24 hs	42,14%
7 días	75,00%
14 días	90,11%
21 días	95,95%
28 días	98,69%

La tabla N° 16 muestra el porcentaje de fuerza perdida a lo largo del periodo con relación a la muestra control de 150 gr/fuerza; así desde la hora 1 hasta los 28 días, demuestra que durante la hora 1 se perdió un total de fuerza del 19,76% y al transcurrir el tiempo hasta llegar al día 28 se perdió un total de 98,69% de la fuerza inicial.

## 7.6. ANÁLISIS ENTRE LAS CINCO MARCAS COMERCIALES

Tabla 18. Análisis estadístico en conjunto de los periodos analizados de las cinco marcas comerciales

	American Orthodontics	GAC	Ormco	Ortho Classic	Ortho Organizers
Media	35 gr	51,4107 gr	95,9881 gr	37,2024 gr	44,5833 gr
Error típico de la media	0,318	0,5798	0,4621	0,4713	0,3383
Moda	34,1700 <sup>a</sup> gr	51,67 gr	93,3300 <sup>a</sup> gr	38,33 gr	45 gr
Desvió Estándar	1,1898	2,1695	1,7289	1,7634	1,2659
Mínimo	33,33 gr	47,92 gr	93,33 gr	34,17 gr	42,5 gr
Máximo	37,92 gr	55 gr	98,67 gr	40 gr	46,25 gr

a. Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

En la tabla N° 18 se observa un análisis en conjunto de los periodos analizados de las cinco marcas comerciales; se aprecia que la marca Ormco es la que posee una media más fuerte con 95,9881 gr/fuerza y esta va disminuyendo paulatinamente, hasta llegar a la marca comercial American Orthodontics que posee la media más débil de 35 gr/fuerza.

En relación al *error típico de la media* se observa que la marca Ormco, se encuentra en tercer lugar con un valor de 0,4621, superado por las marcas comerciales GAC y Ortho Classic, esto significa que los datos de menor valor se parecen mucho a su valor medio, lo contrario ocurre cuando el valor es grande.

Se observa que en el conjunto de periodos analizados el valor de la *moda*, es decir el valor que más se repite es de 93,33 gr/fuerza de la marca comercial Ormco, luego este al igual que la media según pasa el tiempo los valores que más se repiten van disminuyendo,

llegando a una moda de 34,17 gr/fuerza de la marca comercial American Orthodontics que es la más baja.

En lo que respecta a la *desviación estándar* la dispersión de los datos de la marca comercial Ormco es de 1,72892, aunque su dispersión es mayor que algunas marcas comerciales no existe una diferencia significativa, esta estadística demuestra cuán separadas están los valores de la media.

Por último los valores *máximo* son de la marca Ormco se encuentra sobre 98,67 gr/fuerza, y luego disminuye a 5,34 gr/fuerza, llegando su *mínimo* a 93,33 gr/fuerza, mientras que los valores más bajos son de la marca American Orthodontics cuyo valor *máximo* que alcanzo es de 37,92 gr/fuerza y *mínimo* de 33,33 gr/fuerza.

## **7.7. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LA FUERZA EN RELACIÓN AL GRUPO CONTROL**

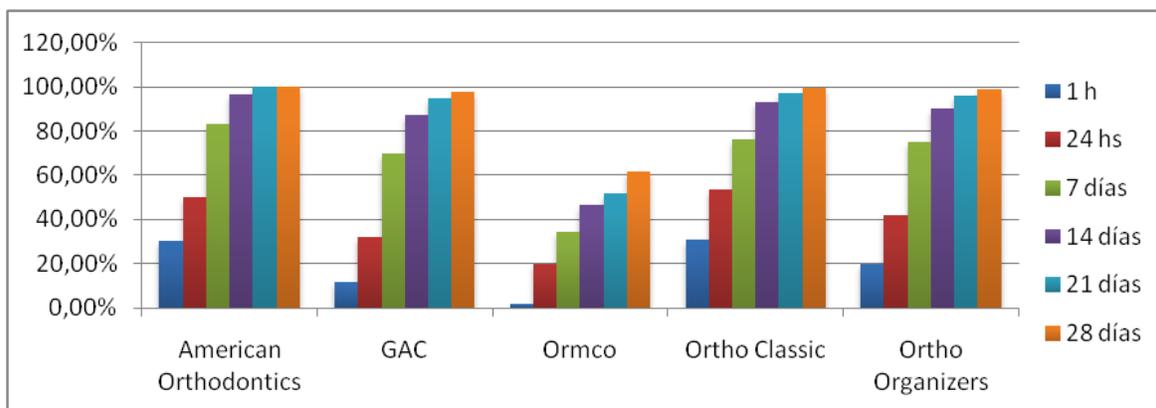
Tabla 19. Porcentaje de reducción de la fuerza de las cinco marcas comerciales

Periodo de tiempo	American Orthodontics	GAC	Ormco	Ortho Classic	Ortho Organizers
1 h	30,47%	11,90%	1,90%	30,95%	19,76%
24 hs	50,00%	32,28%	19,62%	53,33%	42,14%
7 días	83,09%	69,71%	34,52%	76,42%	75,00%
14 días	96,42%	87,38%	46,42%	93,33%	90,11%
21 días	100,00%	95,00%	51,90%	97,38%	95,95%
28 días	100,00%	97,97%	61,66%	99,76%	98,69%

Se observa en la tabla N° 19 que al comparar las cinco marcas comerciales en relación al grupo control por los periodos de tiempo establecidos, la marca Ormco en la

hora 1 tuvo una pérdida de fuerza del 1,90%, mientras que la marca GAC perdió el 11.90% de su fuerza. Por su parte, las marcas American Orthodontics y Ortho Classic tuvieron una pérdida del 30,47% y 30,95% respectivamente. A los 21 días las marcas comerciales GAC, Ortho Classic y Ortho Organizers perdieron más del 95% de su fuerza, mientras que American Orthodontics perdió la totalidad de la fuerza inicial. Sin embargo, Ormco perdió apenas el 51,90% de su fuerza. Al llegar a los 28 días del experimento, se observa que las marcas comerciales American Orthodontics (100%), GAC (97,97%), Ortho Classic (99,76%) y Ortho Organizers (98,69%) perdieron la totalidad o casi la totalidad de la fuerza, salvo Ormco que alcanzó a los 28 días la pérdida del 61,66% de la fuerza inicial. Los datos se reflejaron en un gráfico de barras a fin de poder visualizar y comparar la pérdida de fuerza de las cinco casas comerciales por los periodos de tiempo analizados.

Grafico 1. Porcentaje de la pérdida de fuerza de las cinco marcas comerciales por los periodos analizados



Como se puede observar en el grafico N° 1, hubo una diferencia sustancial entre la marca ORMCO y el resto de las marcas comerciales estudiadas, en relación a la pérdida de fuerza por los periodos de tiempo estudiados.

Grafico 2. Evolución de la pérdida de fuerza en relación a la muestra control

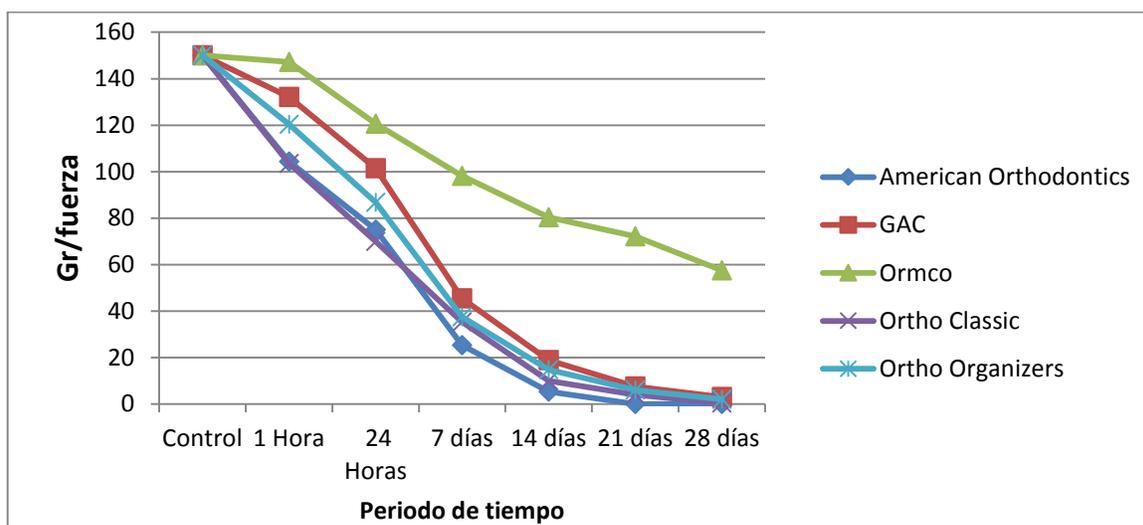


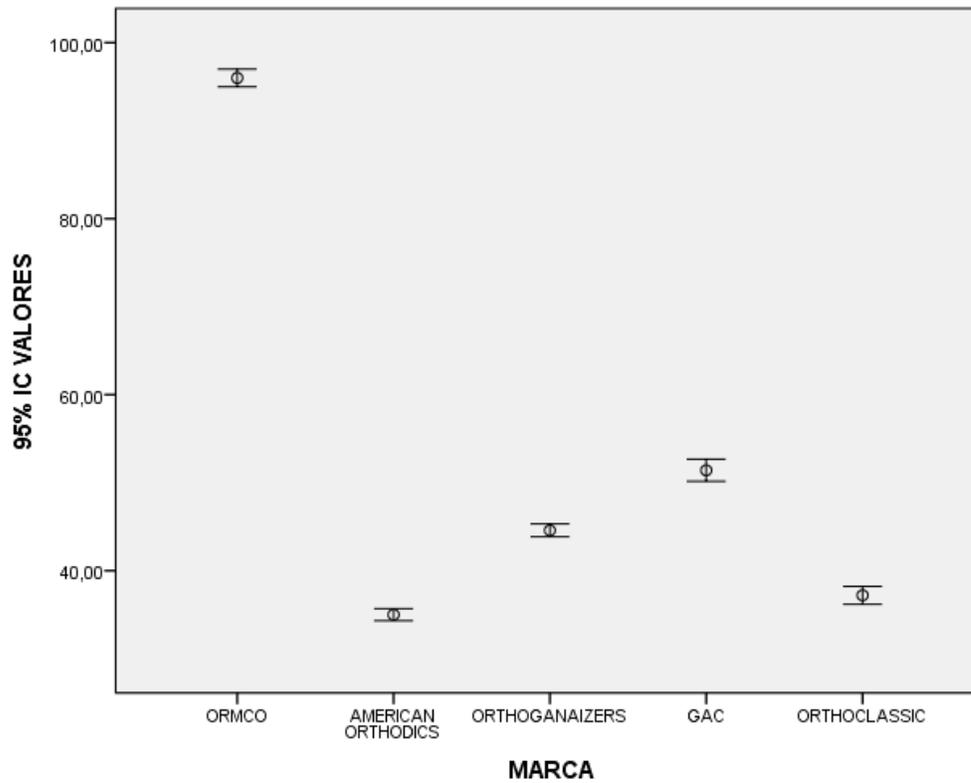
Tabla 20. Porcentaje de reducción de la fuerza en relación al grupo control del conjunto de periodos analizados de las cinco marca comerciales

Marca comercial	Porcentaje
American Orthodontics	76,66%
GAC	65,75%
Ormco	36,00%
Ortho Classic	75,19%
Ortho Organizers	70,27%

La tabla N°20 demuestra el porcentaje de fuerza perdida en relación al conjunto de periodos analizados de cada una de las marcas comerciales. La marca comercial Ormco es la que menos fuerza perdió con un total de pérdida de 36,00% y la marca que más fuerza perdió fue American Orthodontics que perdió un total de 76,66% de la fuerza.

## 7.8. DIAGRAMA DE CAJA

Grafico 3. Diagrama de caja



En el grafico N° 3 se observa que las varianzas de los grupos presentan ser homogéneas, pero esto se comprobará con el valor P.

Tabla 21. Análisis de varianzas

Marca Comercial	Versus	Valor P	Observaciones
Ormco	American Orthodontics	0,0837565	Se han asumido varianzas iguales
Ormco	Ortho Organizers	0,1616724	Se han asumido varianzas iguales
Ormco	GAC	0,4480205	Se han asumido varianzas iguales
Ormco	Ortho Classic	0,9687961	Se han asumido varianzas iguales
American Orthodontics	Ortho Organizers	0,6683898	Se han asumido varianzas iguales
American Orthodontics	GAC	0,3194377	Se han asumido varianzas iguales
American Orthodontics	Ortho Classic	0,1101926	Se han asumido varianzas iguales
Ortho Organizers	GAC	0,0584625	Se han asumido varianzas iguales
Ortho Organizers	Ortho Classic	0,2009514	Se han asumido varianzas iguales
GAC	Ortho Classic	0,4445275	Se han asumido varianzas iguales

Como se observa en la tabla N° 21 se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: si es valor P es mayor a 0.05, Se han asumido varianzas iguales
- Hipótesis alternativa: Si es valor P es menor a 0.05, Se han asumido varianzas diferentes

Como se observa en la tabla N°21, la cual muestra el valor de (p) al analizar las varianzas de los diferentes grupos experimentales, y de esta manera podemos ver que las varianzas son iguales.

Una vez que se ha cumplido con este supuesto de igualdad de las varianzas, se procede a realizar los test correspondientes.

## 7.9. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Tabla 22. Prueba de Levene

Estadístico de Levene	Valor P
2,045	0,098

En estadística, la prueba de Levene es una prueba estadística inferencial utilizada para evaluar la igualdad de las varianzas para una variable calculada para dos o más grupos. Algunos procedimientos estadísticos comunes asumen que las varianzas de las poblaciones de las que se extraen diferentes muestras son iguales. La prueba de Levene evalúa este supuesto. Se pone a prueba la hipótesis nula de que las varianzas poblacionales son iguales (llamado homogeneidad de varianza)

Este test analiza las varianzas de forma grupal a diferencia de la tabla N° 12 que lo hace de uno en uno.

De igual manera, el test de Levene nos confirma que las varianzas entre los grupos son iguales, ya que este valor P se encuentra por encima de 0.05.

## 7.10. ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA)

Tabla 23. Análisis ANOVA

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	34926,839	4	8731,71	3158,226	0
Intra-grupos	179,709	65	2,765		
Total	35106,548	69			

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes. Se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes y con distribución normal. Las hipótesis del contraste son las siguientes:

1. Hipótesis Nula : Los grupos son iguales
2. Hipótesis Alternativa : Al menos dos grupos son distintos

En el análisis de varianza podemos observar que, debido a que el  $\text{prob}>F$  y el valor  $p$  es menor a 0.05, no existen por lo menos dos grupos distintos dentro de la muestra escogida.

## 7.11. TEST DE BONFERRONI

Tabla 24. Test de Bonferroni

Grupos		Valor P	Existe diferencia estadísticamente significativa	Resultados
American Orthodontics	Ortho Organizers	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Organizers
	GAC	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de GAC
	Ortho Classic	0,008	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Classic
GAC	Ortho Classic	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Classic
Ormco	American Orthodontics	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de American Orthodontics
	Ortho Organizers	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Organizers
	GAC	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de GAC
	Ortho Classic	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Classic
Ortho Organizers	GAC	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de GAC
	Ortho Classic	0	SI	Existe mayor pérdida de fuerza de Ortho Classic

La técnica estadística de Bonferroni, ajusta el nivel de significación en relación al número de pruebas estadísticas realizadas simultáneamente sobre un conjunto de datos. El nivel de significación para cada prueba se calcula dividiendo el error global de tipo I entre el número de pruebas a realizar. El ajuste de Bonferroni se considera conservador.

A continuación, en la tabla 24 se puede observar un resumen de los resultados que se obtuvieron al realizar el test de Bonferroni. Donde si el valor P es menor a 0,0125 nos indica que existe un significancia. Como se observa en el cuadro existe una significancia.

En el test de Bonferroni, nos establece que todas las marcas poseen cambios significativos en cuanto se refiere a pérdida de fuerza, por tal razón se utilizó la estadística descriptiva para determinar que la marca que menos fuerza pierde es la marca comercial Ormco. El valor medio, en los periodos de tiempo analizados, fue de 95,9881 gr/fuerza, que es mayor que cualquiera de las demás marcas. En relación a la muestra control de 150 gr/fuerza, la marca comercial Ormco apenas perdió el 36% del total de la fuerza en los 28 días.

La marca comercial GAC, con una media de 51,4107 gr/fuerza en los periodos de tiempo establecido se ubicó en el segundo lugar como la marca comercial que menos fuerza perdió. El porcentaje de reducción de fuerza en relación a la muestra control es de 65,75%.

En tercer lugar se encuentra la marca Ortho Organizers con una media de 44,5833 gr/fuerza. En relación a la muestra control perdió el 70,27% de la fuerza según los periodos de tiempo analizados.

Finalmente en cuarto y quinto lugar se encuentran las marcas comerciales Ortho Classic y American Orthodontics con una pérdida de fuerza del 75,19% y 76,66% respectivamente, en relación a la muestra de control por los periodos de tiempo establecidos.

## 8. DISCUSIÓN

El ambiente oral afecta la fuerza de las cadenas elásticas, diversos factores como la temperatura, absorción de agua, acción de sustancias que se encuentran contenidas en la saliva, cambios en el pH salival, luz solar y ultravioleta, higiene oral y efectos de las fuerzas de masticación actúan como agentes en la degradación de fuerza (Baty DL, 1994).

Para este estudio se utilizó saliva artificial y no saliva natural, ya que la composición de la saliva natural varía dentro de la boca de cada individuo de acuerdo a diferentes situaciones y hora del día. Por tal motivo, no existe una composición de saliva artificial aceptada universalmente (Ferriter, 1990), ya que al variar la composición física y química de la saliva natural constantemente, es difícil poder emularla.

La fuerza óptima requerida para el cierre de espacios en ortodoncia es controvertida. En el presente trabajo se utilizó una fuerza inicial de 150 gr sobre la base de los estudios realizados por diversos investigadores entre ellos Andreasen y Zwanziger, Quinn y Yoshikawa (Reitan, 1957) (Tuesta O, 2000). Determinar la fuerza inicial se justifica para eliminar las posibles diferencias entre las marcas y poder estandarizar las muestras para su posterior análisis.

Las cadenas elásticas son utilizadas desde 1960 en la práctica ortodóncica, sirven para generar fuerzas leves y continuas para mover dientes. Las principales cualidades son su bajo costo y fácil colocación; sin embargo la principal debilidad es poder brindar niveles

de fuerza continúa por un periodo prolongado de tiempo (Tuesta O, 2000) (Lopes da Silva D, 2009).

Diversos estudios con cadenas elásticas, concluyeron que este tipo de materiales no puede producir niveles constantes de fuerza por periodo de tiempo prolongado y que la mayor pérdida de su fuerza ocurre en las primeras horas. Después de este periodo la pérdida de fuerza es más gradual (Wong, 1976) (Tuesta O, 2000) (Lopes da Silva D, 2009).

En 2009 Lopes da Silva, Kochenborge y Marchioro realizaron un estudio de la degradación de fuerza de las cadenas elásticas de cuatro marcas comerciales -Morelli, Ormco, TP y Unitek- sometidas a un estiramiento constante de 150 gramos. Se constató una reducción en la cantidad de fuerza generada por las cadenas elásticas del 5 al 15% en los primeros 30 minutos, y pasados los 21 días se perdió del 22 al 47% de la fuerza inicial de las cadenas estudiadas (Lopes da Silva D, 2009). Nuestra investigación demuestra una diferencia estadísticamente significativa ya que a los 21 días, Ormco perdió el 51,90% de su fuerza inicial, mientras que el resto de las marcas comerciales estudiadas -American Orthodontics, GAC, Ortho Classic y Ortho Organizers- superan en promedio el 95% de la pérdida de fuerza. Estas diferencias indican que la temperatura y el medio salival artificial afectan las propiedades de las cadenas elásticas generando una mayor pérdida de fuerza.

En 2006 Fabiana Balleste de Cara Araujo y Weber José da Silva Ursi realizaron una investigación in vitro sobre la degradación de fuerza de cinco marcas comerciales -Morelli, Ormco, GAC, TP y Unitek- la distancia inicial estandarizada se determinó en 20 mm, las cadenas elásticas luego fueron sometidas a saliva artificial a 37° Celcius. Se observó una reducción en la cantidad de fuerza generada por las cadenas elásticas de 20,31 a 38,47% en

la primera hora de pruebas y del 47,7 al 75,95% dentro de los 28 días de estiramiento constante (Ballete & Silva, 2006). En nuestro estudio, en la primera hora, se observó una pérdida de fuerza media de 18,99%. Al analizar la misma marca comercial GAC en ambas investigaciones, en los autores Cara Araujo y Silva Ursi el porcentaje de reducción de fuerza en la primera hora es de 28,5%, mientras que en nuestra investigación la pérdida de fuerza es de 11,90%. Las condiciones ambientales y del medio son iguales en ambos experimentos, sin embargo la metodología del estudio difiere debido a que los autores estandarizaron sobre la distancia y nuestro estudio lo realiza sobre la fuerza para el estiramiento inicial.

Weissheimer A, Locks A, Menezes LM, Borgatto AF y Derech CA en 2013 realizaron un estudio in vitro en el que estandarizaron a 21 mm la distancia inicial de las marcas comerciales -American Orthodontics, Morelli, Ormco y TP- generando una liberación de fuerza inicial que va desde 300 g hasta 370 g, luego las muestras fueron sumergidas en saliva artificial a 37° Celcius. En el estudio hay una diferencia significativa entre los grupos con respecto a la degradación de la fuerza, sobre todo en el primer día, ya que se observó una pérdida de fuerza del 50 al 55% en relación a la fuerza inicial (Weissheimer A, 2013 ). En relación a nuestro estudio hay diferencias estadísticas, ya que en las primeras 24 horas se observó una pérdida de fuerza media de 39,47%. Por tal motivo, al igual que la investigación realizada por Fabiana Ballete de Cara Araujo y Weber José da Silva Ursi, las diferencias metodológicas en el diseño del proyecto explican las diferencias estadísticas entre ambos estudios.

Kochenborger C, Silva DL, Marchioro EM, Vargas DA y Hahn L realizaron una investigación in vitro de cuatro marcas comerciales -Morelli, Ormco, TP y Unitek-

estiradas a una distancia determinada por la fuerza inicial de 150 gramos y sumergidas en saliva artificial a 37° C. En su investigación concluyeron que a los 30 minutos hubo una reducción de la pérdida de fuerza de 19 al 26,67%; y entre el 36,67 al 57% después de 21 días de estiramiento constante (Kochenborger C, 2011). En nuestra investigación, al comparar la marca comercial Ormco por los periodos de tiempo estudiados que fueron coincidentes entre ambas investigaciones se observa que hay una diferencia estadística menor en los 7 días ya que en la investigación de los autores se produce una reducción de fuerza de 40,30%, mientras que en nuestra investigación hubo una pérdida de 34,52% en relación con la muestra control. Al analizar los demás periodos coincidentes de la marca comercial Ormco, se observa que hay prácticamente una igualdad estadística ya que en la investigación de los autores brasileños se observa que hay una pérdida de fuerza del 46,33% a los 14 días, y del 52% a los 21 días, mientras que en nuestra investigación se registró una pérdida de fuerza del 46,42% y del 51,90% respectivamente. Al estandarizar el diseño del proyecto los datos estadísticos entre ambas investigaciones tienen a acercarse.

## 9. CONCLUSIONES

Del presente *estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial*, se desprenden una serie de conclusiones:

Se demostró que existe una pérdida de fuerza de las cadenas elásticas de uso ortodóncico de las distintas marcas comerciales estudiadas al estar sometidos a una fuerza de tracción en un medio salival artificial a 37° Celcius en función directa del tiempo de inmersión.

Se determinó que la mayor pérdida de fuerza de las cadenas elásticas cerradas de las cinco marcas comerciales -American Orthodontics, GAC, Ormco, Ortho Classic y Ortho Organizers estudiadas fue durante las primeras 24 horas.

Al comparar los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elásticas al cabo de los periodos de tiempo establecidos en esta investigación, se comprobó que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las marcas comerciales estudiadas. La marca Ormco fue la que menos fuerza perdió en relación al resto de las marcas comerciales. Al analizar los periodos de tiempo se comprobó que en el día 28 del experimento las marcas comerciales -American Orthodontics, GAC, Ortho Classic y Ortho Organizers- habían perdido casi la totalidad de la fuerza.

## 10. RECOMENDACIONES

El presente estudio ayuda a proporcionar conocimientos en el campo de la especialidad de ortodoncia que permiten al profesional tomar decisiones apropiadas en la selección de cadenas elastoméricas teniendo en cuenta las virtudes de los materiales elegidos en función de brindar un adecuado tratamiento, por lo que se recomienda a los ortodontistas la elección de materiales elásticos en pro de sus propiedades mecánicas, obteniendo así, mejores resultados al proporcionar una fuerza óptima y útil por determinados periodos de tiempo.

Sería de especial interés realizar futuras investigaciones en las que se compruebe y corrobore la información vertida en este estudio acerca de la pérdida de fuerza de las distintas marcas comerciales que aquí fueron analizadas.

Se recomienda realizar estudios posteriores que evalúen la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas de más marcas comerciales no incluidas en este estudio y que se encuentren disponibles en el mercado odontológico. También se puede tener en cuenta para próximos análisis si existe una diferencia estadística significativa entre la variación de la pérdida de fuerza y cadenas elásticas de diversos colores, para verificar si el color puede o no modificar los resultados. A la vez se sugieren estudios concernientes a otro tipo de presentaciones de elastómeros como módulos, elásticos intermaxilares, extrabucles, etc.

Se puede también recomendar estudios de la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas siendo sometidos a distintos medios de inmersión, constatando la acción de estos sobre la degradación de los materiales y por ende de la fuerza que ejercen.

Debido a que hubo una restricción relacionada con la obtención de información acerca del tipo de elaboración y de los materiales utilizados para la fabricación de las cadenas de cada una de las marcas comerciales analizadas, se recomienda efectuar investigaciones que incluyan un análisis más exhaustivo acerca de la información proveniente de cada cadena elástica, evaluando la calidad de los fabricantes y como esto influye o no, en los porcentajes de generación de la fuerza y de degradación de la misma.

Puesto que las cadenas de enlaces cerrados entregan en proporción mayor cantidad de fuerza inicial a la misma extensión que las cadenas de filamento largo (Baty DL, 1994), se recomienda realizar estudios que comparen la cantidad de fuerza inicial entregada y/o degradación de la fuerza bajo carga entre las distintas configuraciones físicas de las cadenas elásticas existentes sean estas cerradas, cortas y largas, para determinar si existe un comportamiento diferente en relación a la fuerza entre las mismas.

Sabiendo que el medio oral se encuentra influenciado por distintos factores ambientales que no pueden ser representados en un estudio *in-vitro* y que a la vez pueden ser determinantes en la degradación de la fuerza entregada por las cadenas elásticas, para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio *in-vivo* en el cual puedan ser elegidos como puntos de estudio la determinación de la fuerza ideal dada por las cadenas elásticas para movimiento dental (retracción), la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas a

través de periodos de tiempo establecidos o realizar un estudio de muestra segmentada para valorar la efectividad de cierto tipo de cadenas en un mismo paciente.

Por último, se recomienda realizar una investigación analizando los diversos diseños de proyectos de este tipo de investigaciones, a fin de determinar que diseño de proyecto es el más representativo y poder de esta forma estandarizar los diseños de proyecto y permitir un análisis comparativo de las diversas marcas comerciales entre distintas investigaciones.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Amigo, J. S. (2013). Propiedades Mecánicas de los materiales.

Asbell. (1990). A brief history of orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 176-182.

Baker, C. (1997). Materials World.

Ballete, F., & Silva, W. d. (2006). Estudo da degradação da força gerada por elásticos ortodônticos sintéticos. *R. Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 52-61.

Baratieri C, M. C. (2012). In Situ Evaluation of Orthodontic Elastomeric Chains. *Braz Dent J*, 394-398.

Baty D L, S. D. (1994). Synthetic elastomeric chains: A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 536-542.

Baty D L, S. D. (1994). Synthetic elastomeric chains: A literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 536-542.

Baty DL, S. D. (1994). Synthetic elastomeric chains: A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 536-542.

Begg PR, K. P. (1977). The Begg Orthodontic theory and technique. London: W. B. Saunders Co.

Beltrán M, M. A. (2012). *Tecnología de polímeros*.

- Bousquet J, T. O.-M. (2006). In vivo comparison of force decay between injection molded and die-cut stamped elastomers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 384-389.
- Callister, W. D. (2007). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales 2*. Barcelona: Reverté SA.
- Castanha JF, H. S. (2003). Elásticos Ortodônticos: como Seleccioná-los e Utilizá-los de Maneira Eficaz Orthodontic Elastics: how to Select them to Obtain the Best Effectiveness. *Bras Ortodon Ortop Facial*, 471-475.
- Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.
- Cervera-Sabater, A., & Mónica, S.-P. (2003). Corrección de rotación con arco recto. *Revista Española de Ortodoncia*, 249-259.
- Cuesta, J. A. (28 de 12 de 2012). *Aditamentos Utilizados Para Ortodoncia*. Recuperado el 20 de 4 de 2015, de <https://es.scribd.com/doc/118259036/Aditamentos-Utilizados-Para-Ortodoncia>
- De Genova D, M.-L. P. (1985). Force degradation of orthodontic elastomeric chains-A product comparison study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 377-384.
- Echeverri, M. T. (1995). La Saliva: componentes, función y patología. *Revista Estomatología*, 55-63.

- Eliades T, E. G. (2004). Tensile Properties of orthodontic elastomeric chains. *European Journal of Orthodontic*, 157-162.
- Eliades Theodore. (2007). Orthodontic materials research and applications: Part 2. Current status and projected future developments in materials and biocompatibility. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 253-262.
- Farfan Rodriguez, M. L. (2014). *Degradación de la fuerza de los elásticos*. Lima.
- Ferriter, J. M. (1990). The effect of hydrogen ion concentration on the forcedegradation. *Am J Orthod Dentofacial*, 404-410.
- Franta, I. (1989). En *Elastomers and Rubber Compounding Materials* (pág. 607).
- Gelatti T, P. A.-F. (2008). Sliding resistance with esthetic ligatures: An in-vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 340-347.
- González O, O. L. (s.f.). *Fenomenos clinicos e histologicos asociados a la magnitud de la fuerza ortodónica*.
- Harper, C. A. (2000). *Modern Plastics Handbook* . The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kanchana Pakhan, G. K. (2000). Calibration of force extension and force degradation characteristics of orthodontic latex elastics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 280-287.
- Kersey M, G. K. (2003). An in vitro comparison of 4 brands of nonlatex orthodontic elastics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 401-407.

- Kim K, C. C. (2005). Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 477-482.
- Kochenborger C, L. d. (2011). Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod*, 93-99.
- Kroczek, C., Katherine, K., Stewart, K., James, B., Tie, F., & Chen, J. (2012). Comparasion of the orthodontic loas system created with elastomeric power chain to close extraction spaces on different rectangular archwires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 262-268.
- Lacerda Rogério, M. M. (2013). The Effect of Different pH Levels on Conventional vs. Super-force Chain Elastics. *Materials Research*, 246-251.
- Lopes da Silva D, K. C. (2009). Force degradation in orthodontic elastic chains. *Revista Odonto cienc.*, 274-278.
- Loriato, L. B., Machado, A. W., & Pacheco, W. (2006). Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia . *Revista clínica de ortodontia Dental Press*, 44-57.
- Lu C, W. W. (1993). Force decay of elastomeric chain A serial study. Part II . *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 373-377.
- Martins e Martins M, M. A. (2006). Estudo comparativo entre as diferentes cores de. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 81-90.

- Martins e Martins, M., Moraes Mendes, Á., Oliveira Almeida, M. A., Andrade Goldner, M. T., Ferreira Ramos, V., & Sá Guimarães, S. (2006). Estudio comparativo entre as diferentes cores de. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 81-90.
- Mirhashemi A, S. A. (2012). Force-Degradation Pattern of Six Different Orthodontic Elastomeric Chains. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*, 204-215.
- Otaño, R. L. (2008). Manual Clínico de Ortodoncia. Ciencias Médicas.
- Plastics Engineering Company . (2009). *Moldeo por Inyección Termoendurecida*. Sheboygan, Wisconsin.
- Proffit, W. (1994). Ortodoncia. Teoría y Práctica. En W. Proffit, *Ortodoncia. Teoría y Práctica* (págs. 331-341). Madrid: Mosby.
- Puy, C. L. (2006). *La saliva en el mantenimiento de la salud oral y como ayuda*. Valencia: Odontología Clínica .
- Reitan, K. (1957). Some factors determining the evaluation of forces in Orthodontics. *AJODO*, 32-45.
- Salazar Palacio, P. A. (5 de Marzo de 2012). *Metalografía - Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado el 2015, de <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>
- Samuels R, R. S. (1993). A comparison of the rate of space closure using a nickel-titanium spring and an elastic module: A clinical study . *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 464-467.

- Samuels R, R. S. (1998). A clinical study of space closure with nickel-titanium closed coil springs and an elastic module. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 73-79.
- Sánchez Herrera, M. L. (2006). Estudio in-vitro del deterioro de las propiedades elásticas. *Revista Odontológica Mexicana*, 79-82.
- Sarmad, A.-K. (2011). The Force Degradation Of Elastic Chain In Different Environments And For Different. *Al-Rafidain Dent J.*, 231-237.
- Singh V P, P. P. (2012). Elastics in orthodontics: a review. *Health Renaissance*, 49-56.
- Sonis A, V. d. (1986). A comparison of elastomeric auxiliaries versus elastic thread on premolar extraction site closure: An in vivo study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 73-78.
- Stevenson, J. S. (1994). Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. *The Angle Orthodontist*, 455-464.
- Stroede C, S. H. (2012). Viscoelastic properties of elastomeric chains: An investigation of pigment and manufacturing effects. *AJODO*, 315-326.
- Taloumis L, S. T. (1997). Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *AJODO*, 1-11.
- Tuesta O, B. J. (2000). Comportamiento de dos cadenas elastoméricas ortodóncicas en relación al tiempo de uso. *Rev. Estomatol Herediana*, 5-10.

Uribe Restrepo, G. (2004). Ortodoncia teoría y clinica. Colombia: Corporacion para la investigación biologica.

Walsh, L. J. (2008). Aspectos clínicos de biología salival para el Clínico. *Mínima Intervención en odontología* , 5-24.

Weissheimer A, L. A. (2013 ). In vitro evaluation of force degradation of elastomeric chains used in Orthodontics. *Dental Press J Orthod*, 55-62.

Wong, A. (1976). Orthodontic Elastic Materials. En *Angle Orthodontic* (págs. 196-205).

## 12. ANEXOS

Tabla 25. Registro de datos de la marca comercial: American Orthodontics

Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial							
Marca Comercial: <b>American Orthodontics</b>				Distancia del estiramiento: 15 mm			
Medición	Gramos/Fuerzas						
Cadenas	Muestra Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1	150,00	105,00	80,00	25,00	5,00	0,00	0,00
2	150,00	110,00	80,00	30,00	7,50	0,00	0,00
3	150,00	95,00	75,00	25,00	7,50	0,00	0,00
4	150,00	105,00	75,00	30,00	5,00	0,00	0,00
5	150,00	105,00	70,00	25,00	5,00	0,00	0,00
6	150,00	105,00	80,00	25,00	5,00	0,00	0,00
7	150,00	105,00	80,00	25,00	5,00	0,00	0,00
8	150,00	105,00	75,00	25,00	5,00	0,00	0,00
9	150,00	105,00	75,00	25,00	5,00	0,00	0,00
10	150,00	105,00	75,00	25,00	5,00	0,00	0,00
11	150,00	100,00	70,00	25,00	5,00	0,00	0,00
12	150,00	105,00	70,00	25,00	5,00	0,00	0,00
13	150,00	105,00	70,00	25,00	5,00	0,00	0,00
14	150,00	105,00	75,00	20,00	5,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	2100,00	1460,00	1050,00	355,00	75,00	0,00	0,00
<b>Media</b>	150,00	104,29	75,00	25,36	5,36	0,00	0,00

Tabla 26. Registro de datos de la marca comercial: GAC

Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial							
Marca Comercial: <b>GAC</b>				Distancia del estiramiento: 16 mm			
Medición	Gramos/Fuerzas						
Cadenas	Muestra Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1	150,00	130,00	100,00	40,00	12,50	5,00	0,00
2	150,00	135,00	100,00	40,00	12,50	5,00	2,50
3	150,00	130,00	95,00	42,00	20,00	10,00	5,00
4	150,00	130,00	100,00	42,00	25,00	10,00	5,00
5	150,00	130,00	95,00	50,00	12,50	5,00	0,00
6	150,00	135,00	100,00	40,00	20,00	10,00	5,00
7	150,00	130,00	105,00	50,00	20,00	5,00	0,00
8	150,00	135,00	95,00	42,00	12,50	5,00	2,50
9	150,00	135,00	105,00	50,00	20,00	5,00	0,00
10	150,00	130,00	105,00	50,00	25,00	5,00	2,50
11	150,00	135,00	105,00	50,00	20,00	10,00	5,00
12	150,00	130,00	105,00	40,00	20,00	10,00	5,00
13	150,00	130,00	105,00	50,00	20,00	10,00	5,00
14	150,00	135,00	105,00	50,00	25,00	10,00	5,00
<b>Total</b>	2100,00	1850,00	1420,00	636,00	265,00	105,00	42,50
<b>Media</b>	150,00	132,14	101,43	45,43	18,93	7,50	3,04

Tabla 27. Registro de datos de la marca comercial: Ormco

Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial							
Marca Comercial: <b>Ormco</b>				Distancia del estiramiento: 16 mm			
Medición	Gramos/Fuerzas						
Cadenas	Muestra Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1	150,00	150,00	120,00	95,00	75,00	70,00	55,00
2	150,00	150,00	122,00	100,00	80,00	75,00	60,00
3	150,00	145,00	120,00	95,00	75,00	70,00	55,00
4	150,00	145,00	120,00	95,00	85,00	75,00	65,00
5	150,00	145,00	120,00	95,00	80,00	70,00	55,00
6	150,00	145,00	120,00	100,00	85,00	75,00	55,00
7	150,00	145,00	120,00	100,00	75,00	75,00	60,00
8	150,00	150,00	122,00	100,00	85,00	75,00	50,00
9	150,00	150,00	122,00	100,00	85,00	75,00	60,00
10	150,00	145,00	120,00	95,00	80,00	75,00	55,00
11	150,00	145,00	120,00	100,00	85,00	70,00	60,00
12	150,00	150,00	120,00	100,00	75,00	60,00	55,00
13	150,00	145,00	120,00	100,00	85,00	75,00	60,00
14	150,00	150,00	122,00	100,00	75,00	70,00	60,00
<b>Total</b>	2100,00	2060,00	1688,00	1375,00	1125,00	1010,00	805,00
<b>Media</b>	150,00	147,14	120,57	98,21	80,36	72,14	57,50

Tabla 28. Registro de datos de la marca comercial: Ortho Classic

Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial							
Marca Comercial: <b>Ortho Classic</b>				Distancia del estiramiento: 14 mm			
Medición	Gramos/Fuerzas						
Cadenas	Muestra Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1	150,00	105,00	70,00	40,00	5,00	2,50	0,00
2	150,00	100,00	70,00	35,00	5,00	2,50	0,00
3	150,00	105,00	75,00	35,00	10,00	5,00	0,00
4	150,00	95,00	75,00	35,00	10,00	5,00	0,00
5	150,00	105,00	70,00	35,00	15,00	5,00	0,00
6	150,00	105,00	70,00	35,00	15,00	0,00	0,00
7	150,00	105,00	65,00	30,00	5,00	5,00	0,00
8	150,00	105,00	70,00	40,00	10,00	5,00	2,50
9	150,00	95,00	70,00	35,00	5,00	0,00	0,00
10	150,00	110,00	70,00	35,00	10,00	5,00	0,00
11	150,00	105,00	75,00	40,00	15,00	5,00	0,00
12	150,00	105,00	70,00	30,00	10,00	5,00	2,50
13	150,00	100,00	65,00	30,00	10,00	5,00	0,00
14	150,00	110,00	65,00	40,00	15,00	5,00	0,00
<b>Total</b>	2100,00	1450,00	980,00	495,00	140,00	55,00	5,00
<b>Media</b>	150,00	103,57	70,00	35,36	10,00	3,93	0,36

Tabla 29. Registro de datos de la marca comercial: Ortho Organizers

Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial							
Marca Comercial: <b>Ortho Organizers</b>				Distancia del estiramiento: 14 mm			
Medición	Gramos/Fuerzas						
Cadenas	Muestra Control	1 hora	24 hs	7 días	14 días	21 días	28 días
1	150,00	115,00	85,00	40,00	15,00	10,00	0,00
2	150,00	125,00	90,00	35,00	12,50	10,00	5,00
3	150,00	120,00	85,00	35,00	12,50	5,00	0,00
4	150,00	125,00	80,00	40,00	15,00	0,00	0,00
5	150,00	115,00	90,00	40,00	15,00	5,00	2,50
6	150,00	115,00	85,00	40,00	12,50	5,00	0,00
7	150,00	125,00	90,00	35,00	12,50	5,00	0,00
8	150,00	125,00	90,00	35,00	12,50	10,00	5,00
9	150,00	115,00	80,00	45,00	15,00	10,00	5,00
10	150,00	115,00	90,00	35,00	10,00	5,00	0,00
11	150,00	125,00	90,00	35,00	15,00	0,00	5,00
12	150,00	125,00	90,00	35,00	20,00	5,00	0,00
13	150,00	120,00	85,00	40,00	20,00	5,00	0,00
14	150,00	120,00	85,00	35,00	20,00	10,00	5,00
<b>Total</b>	2100,00	1685,00	1215,00	525,00	207,50	85,00	27,50
<b>Media</b>	150,00	120,36	86,79	37,50	14,82	6,07	1,96