



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE PUEBLA**

---

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA SALUD  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
POSGRADO DE ORTODONCIA

**“ESTUDIO IN VITRO: FUERZA GENERADA POR EL GRADO DE  
ACTIVACION DE RESORTES DE RETRACCION EN T Y BULL  
LOOP DISEÑADOS EN TMA O ACERO INOXIDABLE.”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALIDAD EN  
ORTODONCIA

**P R E S E N T A**

CD. Laura Pérez Ochoa

ASESOR DISCIPLINARIO

CDMO. Alejandro Fernández Tamayo

ASESOR METODOLÓGICO

MSP. Jesús Luzuriaga Galicia

**H. PUEBLA DE ZARAGOZA.**

**FEBRERO 2004**



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS: Por amarme como me ama.

A MI DADDY: Por tu amor hacia tus hijas gracias. Te amo

A MI MADRE: Por tu cariño, comprensión y consejos, eres motivo de admiración, orgullo y enseñanza, gracias, te quiero.

A MIS HERMANAS: Por soportar mi estrés, apoyarme, sacudirme cuando fue necesario pero sobre todo por prestarme sus hombros para llorar en ellos o bien recibir un abrazo sincero cuando eran momentos de alegría.

AL DR. ALEJANDRO FERNANDEZ: Por haber sido el único que creyó y apoyo para disipar mi duda acerca de cuanta fuerza insertaba un resorte de retracción, y por los conocimientos necesarios para la elaboración de este trabajo. “Juntos en el triunfo o la derrota”; con todo mi corazón mil gracias.

AL MSP JESUS LUZURIAGA GALICIA: Por su apoyo, dedicación y aportación en la elaboración de esta tesis.

AL CD TERESA ORTIZ TENORIO: Por obligarme a presentar esta tesis en Morelia, apoyarme y ser parte del mejor momento de mi vida.

AL CD GUILLERMO FRANCO: Por su participación y apoyo en el análisis de los resortes.

AL CD JOSE DANIEL VELEZ RABATTE: Por su aportación y apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

# ÍNDICE

## ÍNDICE GENERAL

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| I.    | RESUMEN                    | 6  |
| II.   | INTRODUCCIÓN               | 8  |
| III.  | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 14 |
| IV.   | JUSTIFICACIÓN              | 15 |
| V.    | OBJETIVOS                  | 17 |
| VI.   | HIPÓTESIS                  | 18 |
| VII.  | MATERIAL Y MÉTODOS         | 19 |
| VIII. | RESULTADOS                 | 28 |
| IX.   | DISCUSIÓN                  | 36 |
| X.    | CONCLUSIONES               | 39 |
| XI.   | BIBLIOGRAFÍA               | 41 |

# **RESUMEN**

La fase de cierre de espacios requiere de la aplicación de fuerza y el control del sistema de fuerzas, lo cual es difícil de conseguir, para llevarlo a cabo generalmente se utiliza los resortes ortodóncicos para producir y transmitir fuerzas óptimas. Los diferentes diseños de los resortes, así como las propiedades del alambre utilizado tienen influencia en los niveles de fuerza generados por estos. Este estudio se realizó con el propósito de evaluar y determinar la fuerza que entregan los resortes T loop y Bull loop, por milímetro de activación, diseñados con alambre TMA y Acero Inoxidable calibre .016x.022; estos fueron examinados en la máquina de medición universal Instron. Los resultados demostraron que hubo diferencia estadísticamente significativa (análisis Anova y Tukey) entre ambos diseños de resorte de retracción y entre ambos materiales utilizados en este estudio.

Los resortes en T tanto de acero inoxidable como de TMA generaron mayor fuerza por milímetro de activación, comparados con los resortes en Bull Loop. Los resortes en T y Bull loop contruidos con alambre de acero inoxidable generaron mayor fuerza que los contruidos con alambre de TMA.

# **INTRODUCCIÓN**

Bennett y McLaughlin en 1990 mencionan que la extracción de los cuatro premolares se realiza comúnmente para el manejo apropiado de algunas maloclusiones; los 7 mm de espacio ganados en cada cuadrante se utilizan de las tres maneras siguientes: Liberar el apiñamiento, retracción de incisivos y movimiento mesial de molares. Para conseguir los resultados deseados en el cierre de estos espacios en los arcos dentales, es fundamental controlar el grado de retracción o protacción de los órganos dentarios a mover.

El control del sistema de fuerza que es aplicado a los dientes es uno de los problemas principales en el campo de la biomecánica. Burstone (1983) resalta que este sistema de fuerzas es determinado sobre todo por la configuración del resorte, así como, por las propiedades del alambre utilizado para su construcción ya que esta determina la cantidad de fuerza que el resorte debe entregar.

Burstone Y Koenig (1976) afirman que algunos mecanismos de retracción emplean compresión o tensión proporcionado por resortes horizontales o elásticos junto con un arco de alambre continuo permitiendo que los dientes a mover se deslicen a través de el, desafortunadamente tales mecanismos producen grandes momentos cuando se realiza la traslación dental generando mayor fricción e inhibiendo el movimiento dental, además la magnitud de las fuerzas pueden no ser fácilmente determinada debido a que la fricción es relativamente desconocida e impredecible.

Otro mecanismo de retracción es mediante el uso de un sistema libre de fricción basado en la incorporación de un loop o resorte dentro de un arco continuo o una sección de arco como única conexión a un diente o segmento de dientes (Faulkner, Lipsett y Habertock en 1991).

Burstone y colaboradores (2001) mencionan que el uso de este sistema libre de fricción tiene la ventaja de aplicar la fuerza sin perder su efectividad debido a la fricción y se utilizan con el propósito de incrementar la flexibilidad, disminuir el índice carga/deflexión y reducir los niveles de fuerza.

Mediante el uso capacitado de loops y hélices en el arco de alambre, se simplifica el trabajo del profesional manteniendo la fuerza dentro de márgenes seguros, dependiendo de la activación, dirección de la aplicación y distribución de las fuerzas dentro del ligamento periodontal. Desde el punto de vista teórico, el funcionamiento de un loop de cierre depende fundamentalmente de sus propiedades elásticas (es decir, la cantidad de fuerza que suministra y el modo en que varía la fuerza a medida en que se mueven los dientes); el momento que genera para poder controlar la posición radicular y su posición en relación con los brackets contiguos (es decir su utilidad como doblez céntrico u excéntrico en un alambre continuo). Las propiedades elásticas de un loop de cierre, son un elemento crítico en su diseño que dependen en gran medida del material del alambre, de la cantidad de alambre que incluya el loop así como de la distancia entre los brackets. (Graber 1988).

Gurgel, Kerr, Powers y Le Crone (2001) mencionan que un arco de retracción ideal debe ser capaz de mover los dientes mediante fuerzas ligeras y continuas y que por lo tanto al seleccionar el tipo de alambre se debe considerar sus propiedades y características tales como la estética, fricción, capacidad de soldarse, capacidad de formación y resiliencia.

Kapila S. y Sachdeva R. (1989). Menciona que los alambres de acero inoxidable introducidos en los años 40s han sido extensamente utilizados por los ortodoncistas, su popularidad se debe a su bajo costo, excelente capacidad de formación y buenas propiedades mecánicas. En los últimos años se ha conseguido aumentar de manera sorprendente la eficacia de los movimientos dentales con el advenimiento de nuevos materiales en las aleaciones de alambre; en 1980 se introdujo la aleación de titanio molibdeno conocida como TMA; la cual ofrece una

excelente resiliencia, suficiente capacidad de conformación para realizar dobleces y resortes que superan al acero en elasticidad y capacidad de recuperación pudiéndose doblar casi dos veces mas sin deformación permanente y liberando 50% menos de fuerza que un alambre de acero; por lo que son de gran eficacia en la fase intermedia del tratamiento ( cierre de espacios).

Schumacher, Bourauel y Drescher (1998) refieren que es importante utilizar alambres rectangulares durante el cierre de espacios con la finalidad de tener un control tridimensional de las raíces y proporcionar el torque final, previene que el loop se inserte en los carrillos y gingiva debido a que su orientación dentro el bracket es mejor que un alambre redondo.

La fuerza ideal que debe insertar un resorte de retracción es aquella que aplique fuerzas ligeras y continuas, para lograr estas metas es necesario entender como el diámetro del alambre y la longitud del resorte afectan las características del alambre; aumentar la longitud del alambre tiene un efecto en la carga debido a que la fuerza creada es reducida (Kapila S. y Sachdeva R.1989).

Schwarz menciona que la fuerza ortodónica teóricamente óptima para cualquier movimiento dental determinado, es la que inicia la máxima respuesta tisular sin dolor o reabsorción radicular y mantiene la salud del ligamento periodontal. De acuerdo a Schwarz las fuerzas por debajo al nivel óptimo no causa ninguna reacción en el ligamento periodontal, sin embargo fuerzas que exceden el nivel óptimo causan necrosis de los tejidos. (Ren Y, y cols 2002))

Ong y Wang (2002) mencionan que el movimiento dental durante la terapia ortodónica resulta de la aplicación de fuerzas controladas sobre los dientes y por consiguiente la respuesta optima del ligamento periodontal.

La reabsorción directa de la pared del hueso alveolar se ve en el sitio de presión de los dientes en movimiento esto se debe a que las células progenitoras se han diferenciado en

osteoclastos. En individuos jóvenes este proceso puede comenzar 12 horas después de la aplicación de la fuerza. Durante el movimiento ortodóncico, el aparato de soporte fibroso en el lado de presión es reconstruido por el desmoronamiento casi completo de las fibras viejas y de los haces fibrosos con la consiguiente formación de nuevos elementos. El aumento celular se produce después de las 30 a 40 horas siguientes a la aplicación de una fuerza ortodóncica, si bien el remodelado de los elementos fibrosos en el lado de presión es espectacular y caracterizado por un extenso desmoronamiento y reconstrucción, las fibras periodontales estiradas parecen ser reconstruidas por cambios de las fibrillas originales, a medida que ocurre estiramiento, nuevo material no mineralizado es depositado alrededor de las partes de las fibras que están en estrecha relación con la pared del hueso alveolar después de un tiempo dicha pared del lado de tensión será cubierta por una capa de osteoide producida por osteoblastos. Pero cuando la fuerza de aplicación es excesiva se producen efectos adversos tales como reabsorción indeterminada, pérdida de anclaje o peor aun la hialinización. (Graber 1988)

#### REABSORCIÓN RADICULAR INDETERMINADA:

El desarrollo de la reabsorción radicular parece ser una interrelación entre daño temporal a la barrera de la superficie dentaria y resistencia general contra la reabsorción y remodelado del hueso alveolar, existen factores que conducen a la reabsorción radicular tales como aumento de presión, daño tisular en la membrana periodontal, e irrigación sanguínea aumentada causada por una fuerza intensa.

#### HIALINIZACIÓN

La complicación mas frecuente que impide el movimiento dental ocurre cuando la fuerza aplicada presiona tanto el diente contra la pared del hueso alveolar que la membrana periodontal responde con degeneración local y necrosis estéril, en lugar de proliferación y diferenciación de células que habrían podido realizar las adaptaciones necesarias para la reconstrucción.

Por definición la hialinización es un término utilizado en general para describir la membrana periodontal localmente comprimida y degenerada (Graber 1988).

El factor diseño ejerce gran influencia en la fuerza, índice fuerza/deflexión y rango momento-fuerza que entrega un resorte de retracción, la colocación de un hélix en un resorte de una configuración dada, influencia principalmente en el índice carga/deflexión y no en el rango momento-fuerza. Un resorte vertical construido con un solo hélix a nivel apical (Bull loop) es utilizado para reducir los niveles de fuerza e incrementar el rango momento-fuerza. La adición de un hélix apical permite que la activación sea incrementada aproximadamente un 60% (Faulkner, et al 1991).

El resorte T loop tiene la gran ventaja de reducir el índice fuerza/deflexión debido al incremento de cantidad de alambre en la porción horizontal del resorte, esta variación en la distribución del alambre colocado apicalmente resulta en un incremento en el rango momento fuerza durante la activación del mismo (Chen J, Markham, Katona 2002).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Una vez que el Ortodoncista ha tomado la decisión de extraer órganos dentarios, se debe planear cuidadosamente el empleo de los mismos, pueden aprovecharse para liberar el apiñamiento dentario, para conseguir una buena relación antero posterior y vertical de los arcos dentarios.

Cuando se ejerce una fuerza excesiva al activar un resorte para la retracción de un segmento dental se producen resultados desfavorables como la hialinización del ligamento periodontal, que impide el movimiento dental y por lo tanto complican y retrasan el trabajo del ortodoncista.

Por lo antes mencionado, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la cantidad de fuerza generada por milímetro de activación en los resortes de retracción en T y Bull loop contruidos con TMA o Acero Inoxidable?

## JUSTIFICACIÓN

El tratamiento ortodóncico se realiza en tres fases: La primera fase alinear y nivelar, la segunda fase es el cierre de espacios y por último la fase de torque y terminado.

Durante la fase de cierre se requiere de un sistema de retracción en donde los diseños y materiales de los aparatos usados para realizar dicho efecto varían considerablemente.

Uno de los métodos usados para la retracción dental es mediante el uso de resortes metálicos o resortes como la única conexión a un diente u entre segmentos dentales.

Esta técnica requiere que el aparato proporcione un sistema de fuerza específica (fuerza y momento) para el diente o segmentos dentales a retraer. Para proporcionar este sistema de fuerza el aparato debe tener las siguientes características mecánicas:

- 1.- Debe proporcionar niveles de fuerza y momento/fuerza apropiados para conseguir el desplazamiento dental deseado.
- 2.- Debe ser capaz de aguantar un rango razonable de activación /desactivación en el cual el aparato entregue fuerzas constantes y momentos.
- 3.- Debe ser lo suficientemente pequeño para ajustar confortablemente en el espacio disponible para el tratamiento intraoral.

La fuerza generada por los resortes de retracción al ser activados debe ser tal que no ocasione pérdida de anclaje, reabsorción radicular o peor aun la hialinización de los órganos dentarios a retraer, sin embargo hasta la fecha estos resortes son activados empíricamente por lo que la cantidad de niveles de fuerza que están generando por milímetro de activación es desconocida, ni tampoco cual es su rango de activación.

El propósito de realizar un estudio IN VITRO de los resortes de retracción en T y Bull loop contruidos con diferente material de alambre es comprobar la cantidad de activación que requiere el resorte de retracción para insertar fuerzas óptimas y con ello evitar los efectos indeseables que conlleva una fuerza excesiva.

Los dos diseños de resortes de retracción son los más utilizados por los ortodoncistas de la clínica de Ortodoncia de la UPAEP, por lo tanto será de utilidad para ellos y para todos los especialistas en Ortodoncia los resultados que se den en este estudio.

## **OBJETIVO GENERAL**

Estimar la cantidad de fuerza que entrega cada resorte por milímetro de activación.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1.-Valorar la fuerza generada por el resorte T en TMA y Acero Inoxidable por milímetro de activación.

2.-Valorar la fuerza generada por el resorte Bull Loop en TMA y Acero Inoxidable por milímetro de activación.

3.-Comparar si existen diferencias entre las fuerzas en relación al tipo de diseño del resorte y el material empleado.

## **HIPÓTESIS**

H1: Existen diferencias significativas en la fuerza que se produce por milímetro de activación, entre ambos diseños de resortes y entre los dos materiales empleados para su construcción .

H0: La fuerza generada por el resorte de retracción es independiente del diseño y material empleado para su construcción .

# **MATERIALES**

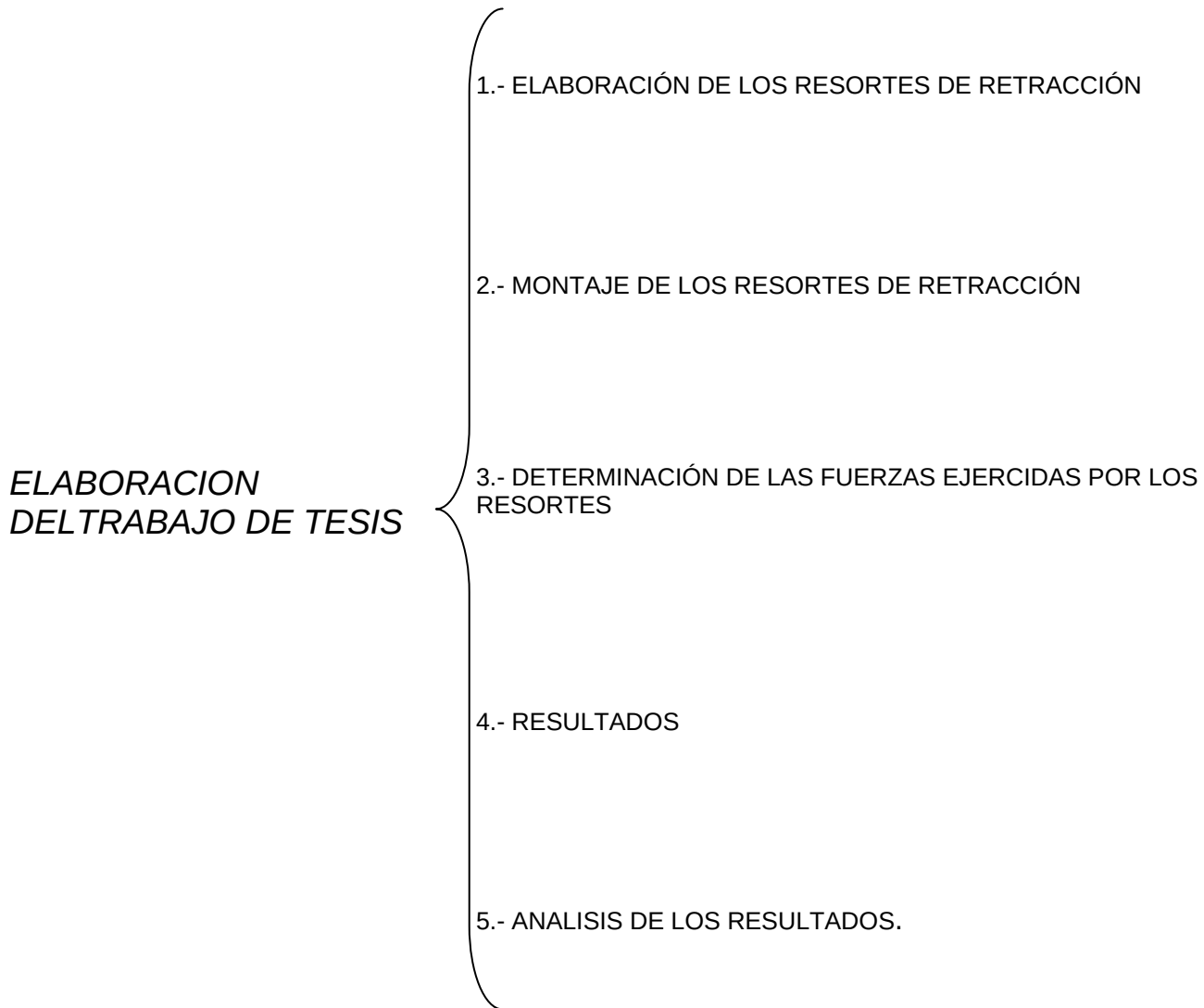
# **Y**

# **MÉTODOS**

## **MATERIAL**

- 4 tubos de alambre rectangular .016x.022 acero inoxidable y aleación titanio molibdeno (TMA) GAC\*.
- Pinza de corte pesado (Ormco)
- Pinza Marcotte. (Ormco)
- Regla milimétrica para endodoncia
- Marcador indeleble (Sharpie)
- Acrílico rápido monómero y polímero (Borgatta)
- Vaselina
- Pincel
- Gotero
- 2 Bases de plástico
- Máquina de medición universal Instron
- Equipo de computo Hp pavilion mx 70
- Paquete estadístico (SPSS10)

## MÉTODO



Se realizó la elaboración resortes de retracción T loop y Bull loop con alambre de acero inoxidable y TMA, 20 de cada tipo de diseño y material dando un total de 80 resortes; los extremos de los resortes fueron montados en bloques de acrílico rápido para su retención en las mordazas de la máquina Instron en donde fueron activados y se midió la fuerza. El análisis estadístico de los resultados obtenidos fue analizado con la ayuda del programa SPSS10 (análisis Anova y Tukey).

### ***1) ELABORACION DE LOS RESORTES DE RETRACCIÓN***

Se diseñaron en total 80 resortes de retracción, 20 resortes en T de acero inoxidable, 20 resortes en T de aleación titanio molibdeno (TMA), 20 resortes Bull loop de acero inoxidable y 20 resortes Bull loop de TMA.

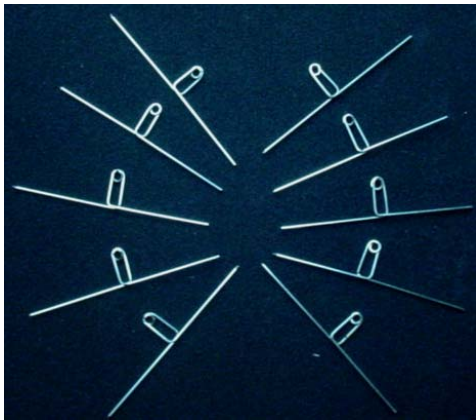


Fig.1 Muestra de los resortes Bull loop

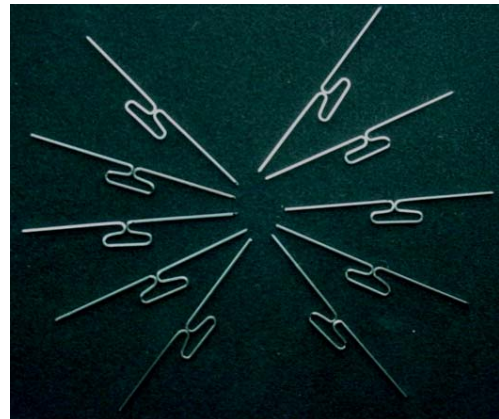


Fig.2 Muestra de los resortes Tloop

Fueron contruidos de la siguiente manera:

#### A) DISEÑO DEL RESORTE BULL LOOP

1.- Se midieron 20mm desde el extremo del alambre, se colocó una marca con plumón indeleble y en ese punto se hizo el primer dobléz de 90°. (Fig.3-4)

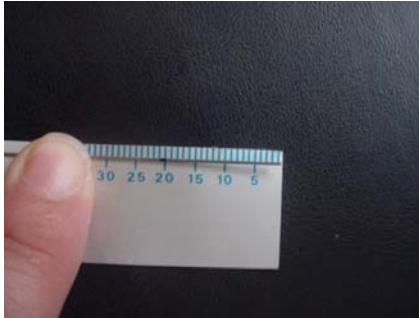


Fig. 3



Fig.4

2.-Después de realizar el primer dobléz se midió 7mm de altura y en ese punto se construyó el hélix. (Fig.5-6)



Fig.5



Fig.6

3.- Y por último se recuperó el alambre al nivel de el dobles inicial y se agregaron otros 20mm antes de cortar el extremo. (Fig.7-8)

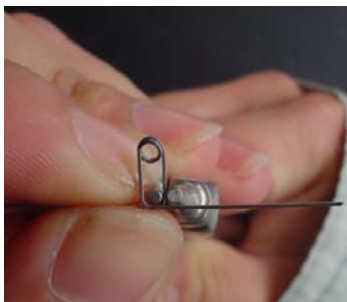


Fig.7



Fig.8

## B) DISEÑO DEL RESORTE T LOOP

1.- Se midieron 20mm desde el extremo del alambre, se colocó una marca con plumón indeleble y en ese punto se hizo el primer dobléz de 180°. (Fig.9-10)



Fig.9



Fig.10

2.-Después de realizar el primer dobléz se midieron 5mm, se colocó una marca y en ese punto se hizo un segundo dobléz de 180°. (Fig.11-12)



Fig.11



Fig.12

3.- Posterior al segundo dobléz se midieron 10mm, se colocó una marca y se realizo un tercer dobléz de 180°. (Fig.13-14)

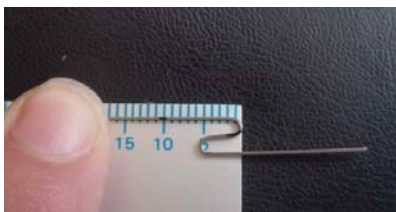


Fig.13

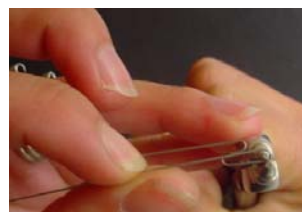


Fig.14

4.- Y finalmente se recuperó el alambre al nivel del dobléz inicial y se agregaron otros 20mm antes de cortar el extremo. (Fig.15-16)



Fig.15

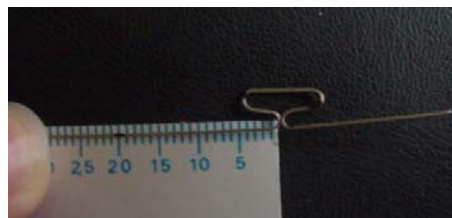


Fig.16

## **2) MONTAJE DE LOS RESORTES DE RETRACCIÓN**

Para la construcción de las probetas de prueba, los extremos de los resortes se incluyeron en bloques de acrílico necesarios para su retención en las mordazas de la máquina Instron.

Se untó vaselina a las bases de plástico, para facilitar el despegue del acrílico; marcándose 3 mm desde el punto final del alambre para realizar un pequeño doble retentivo para el acrílico. (Fig.17)



Fig. 17

Se colocó acrílico rápido monómero y polímero en las bases plásticas. (Fig.18)



Fig.18

Se colocaron los extremos terminales de los resortes de retracción en el acrílico. (Fig.19)

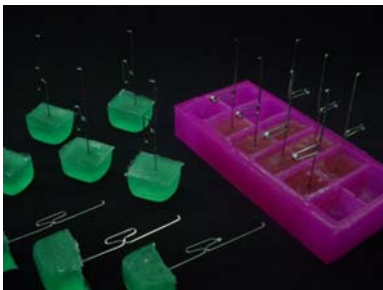


Fig.19

### **3) ACTIVACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS RESORTES DE RETRACCIÓN EN LA MAQUINA DE MEDICIÓN UNIVERSAL INSTRON**



Fig.20

Una vez que las probetas estuvieron listas (Fig.20) se procedió a insertarles fuerza a través de la máquina universal Instron bajo las siguientes condiciones:

- 1.-Con una velocidad de desplazamiento de tracción de 2.5mm por minuto.
- 2.-Una celda de carga de 500kg a una distancia de 1, 2, y 3mm.
- 3.-La distancia inicial de probeta (longitud total del resorte) fue de 35mm.
- 4.-La distancia inter-mordaza fue de 40mm.

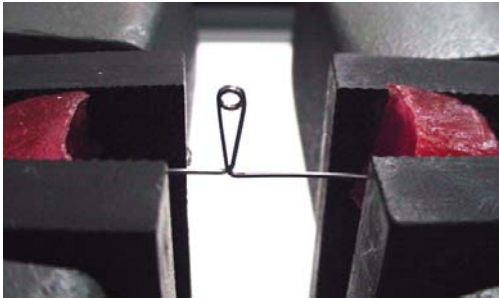


Fig.21

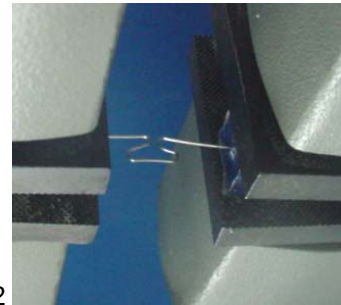
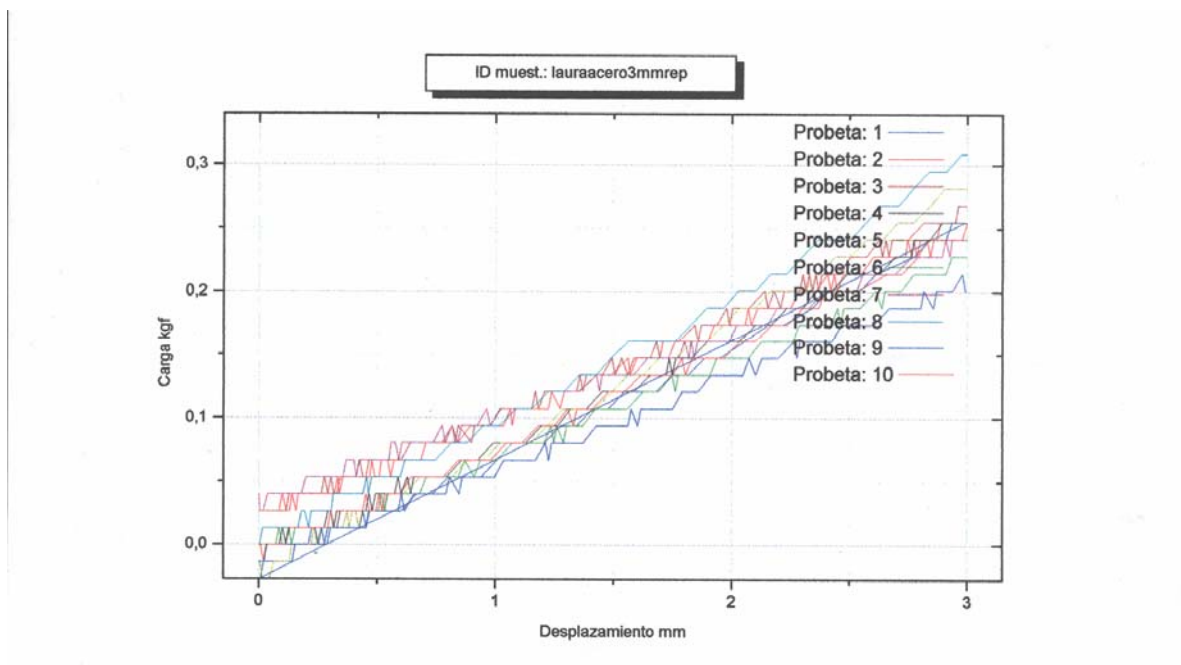
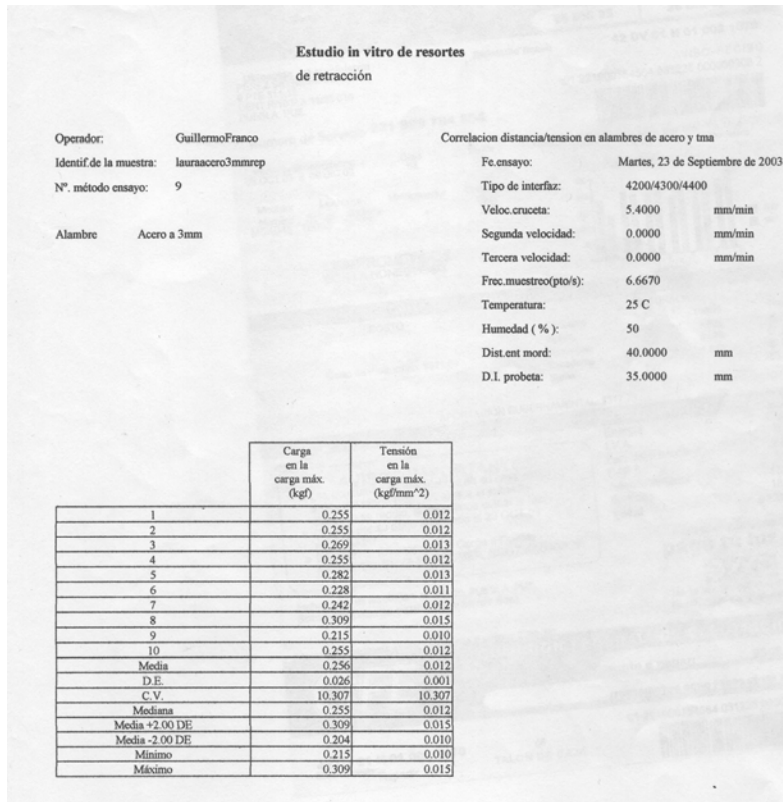


Fig.22

#### 4) REGISTROS OBTENIDOS DE LA MÁQUINA DE MEDICIÓN UNIVERSAL INSTRON



# **RESULTADOS**

## RESULTADO POR MATERIAL

La Tabla I muestra las medias y desviaciones estándar de las fuerzas producidas por la activación de los resortes T loop y Bull loop diseñados con alambre de acero inoxidable.

En ella se puede apreciar que el resorte en T insertó mayor fuerza en comparación con el resorte Bull diseñados con el mismo material como lo demuestra el grafico 1.

### COMPARACION DE LA FUERZA POR MILIMETRO DE ACTIVACION EN RESORTES T LOOP Y BULL LOOP ACERO INOXIDABLE

| ACERO      | FUERZA EN Kgf     |                   |
|------------|-------------------|-------------------|
| Activación | Resorte T loop    | Resorte Bull loop |
|            | Media+/-Des Est   | Media+/-Des Est   |
| 1mm        | 0.559+/-0.181 kgf | 0.107+/-0.038 kgf |
| 2mm        | 0.925+/-0.195 kgf | 0.223+/-0.076 kgf |
| 3mm        | 1.165+/-0.173 kgf | 0.287+/-0.192 kgf |

Tabla I

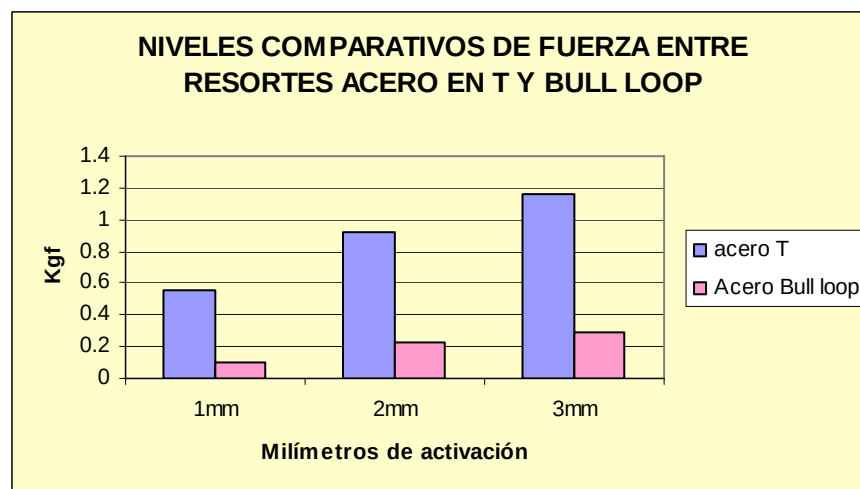


Grafico 1 Fuerza contra activación de los resortes en T y Bull loop diseñados en alambre SS calibre .016x.022 pulgadas

La Tabla II muestra las medias y desviaciones estándar de las fuerzas producidas por la activación de los resortes T loop y Bull loop diseñados con alambre de TMA.

En ella se puede apreciar que el resorte en T insertó mayor fuerza en comparación con el resorte Bull diseñados con el mismo material como lo demuestra el grafico 2.

### **COMPARACION DE LA FUERZA POR MILIMETRO DE ACTIVACION EN RESORTES**

#### **T LOOP Y BULL LOOP TMA**

| TMA        | FUERZA EN Kgf     |                   |
|------------|-------------------|-------------------|
| Activación | Resorte T loop    | Resorte Bull loop |
|            | Media+/-Des Est   | Media+/-Des Est   |
| 1mm        | 0.274+/-0.115 kgf | 0.040+/-0.012 kgf |
| 2mm        | 0.344+/-0.094 kgf | 0.084+/-0.016 kgf |
| 3mm        | 0.499+/-0.150 kgf | 0.188+/-0.054 kgf |

Tabla II

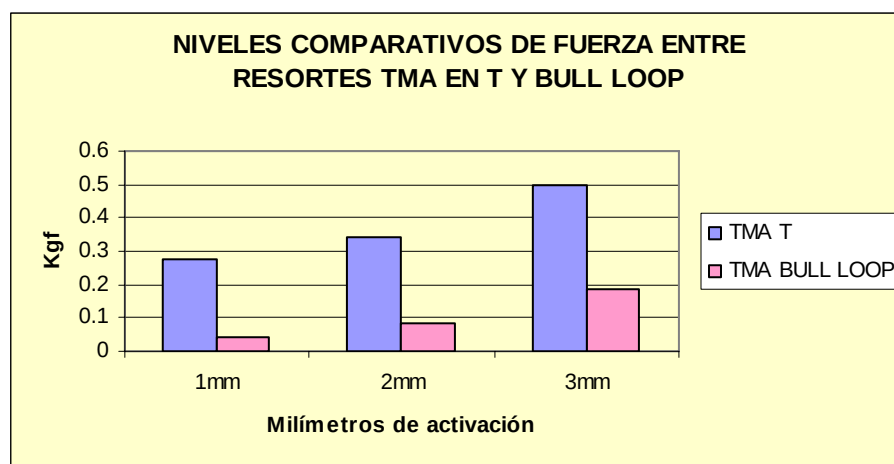


Grafico 2 Fuerza contra activación de los resortes en T y Bull loop diseñados en alambre TMA calibre .016x.022 pulgadas

## RESULTADO POR DISEÑO DEL RESORTE.

La Tabla III muestra las medias y desviaciones estándar de las fuerzas producidas por la activación de los resortes Bull loop diseñados con alambre de TMA y con alambre de acero inoxidable.

En ella se puede apreciar que el resorte en Bull construido con alambre de acero inoxidable insertó mayor fuerza en comparación con el resorte Bull diseñados con alambre de TMA como lo demuestra el grafico 3.

### COMPARACION DE LA FUERZA POR MILIMETRO DE ACTIVACION EN RESORTES

#### BULL LOOP DE ACERO INOXIDABLE Y TMA

| BULL LOOP  | FUERZA EN Kgf     |                   |
|------------|-------------------|-------------------|
| Activación | Acero Inoxidable  | TMA               |
|            | Media+/-Des Est   | Media+/-Des Est   |
| 1mm        | 0.107+/-0.038 kgf | 0.040+/-0.012 kgf |
| 2mm        | 0.223+/-0.076 kgf | 0.084+/-0.016 kgf |
| 3mm        | 0.287+/-0.192 kgf | 0.188+/-0.054 kgf |

Tabla III

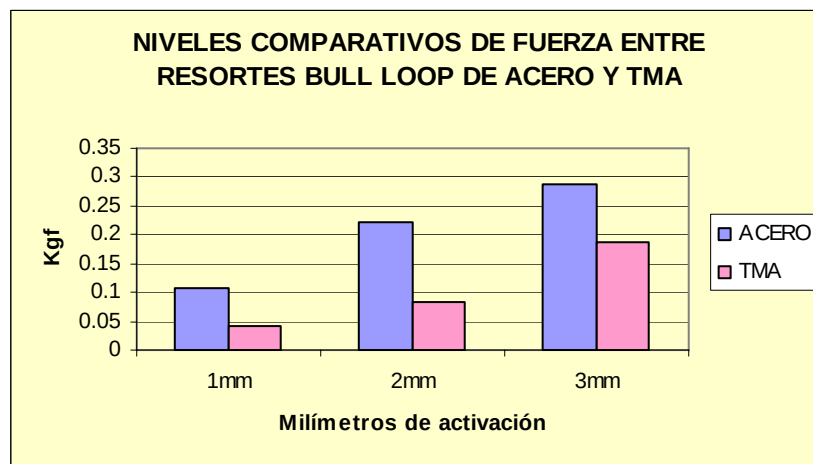


Grafico 3 Fuerza contra activación de resortes en Bull loop diseñados en alambre de SS y TMA calibre .016x.022 pulgadas

La Tabla IV muestra las medias y desviaciones estándar de las fuerzas producidas por la activación de los resortes T loop diseñados con alambre de TMA y con alambre de acero inoxidable.

En ella se puede apreciar que el resorte en T construido con alambre de acero inoxidable insertó mayor fuerza en comparación con el resorte T diseñados con alambre de TMA como lo demuestra el grafico 4.

#### **COMPARACION DE LA FUERZA POR MILIMETRO DE ACTIVACION EN RESORTES**

##### **T LOOP DE ACERO INOXIDABLE Y TMA**

| T LOOP     | FUERZA EN Kgf     |                   |
|------------|-------------------|-------------------|
| Activación | Acero Inoxidable  | TMA               |
|            | Media+/-Des Est   | Media+/-Des Est   |
| 1mm        | 0.559+/-0.181 kgf | 0.274+/-0.115 kgf |
| 2mm        | 0.925+/-0.195 kgf | 0.344+/-0.094 kgf |
| 3mm        | 1.165+/-0.173 kgf | 0.499+/-0.150 kgf |

Tabla IV

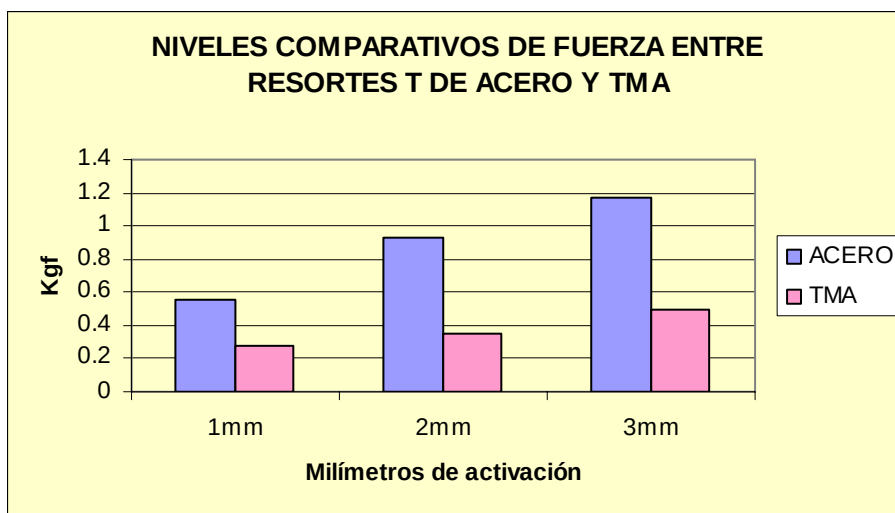


Grafico 4 Fuerza contra activación de resortes en T loop diseñados en alambre de SS y TMA calibre .016x.022 pulgadas

Cuadro descriptivo 1.1, 1.3 y 1.5 muestra el valor de la fuerza promedio producida por cada tipo de resortes cuando se activaron a 1mm, 2mm y 3mm. Así como los valores superiores e inferiores, los intervalos de confianza 95% para cada una de las medias.

Descriptives resorte 1mm

|                  | N  | Media<br>kgf | Error Std.<br>de la mediar | Intervalo de<br>confianza<br>de la media<br>95% |                   |
|------------------|----|--------------|----------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|
|                  |    |              |                            | Valor<br>inferior                               | Valor<br>superior |
| resorte T<br>ace | 20 | .558         | 0.04                       | .47367                                          | .643              |
| T tma            | 19 | .274         | 0.02                       | .21834                                          | .329              |
| bull ace         | 20 | .107         | 0.008                      | 0.08                                            | .125              |
| bull tma         | 20 | 0.04         | 0.002                      | 0.03                                            | 0.04              |
| Total            | 79 | .244         | 0.02                       | .193                                            | .296              |

1.1 Cuadro descriptivo mostrando los resultados obtenidos de la prueba Anova cuando las 79 probetas fueron sometidas a una activación de 1mm.

La prueba de ANOVA para la comparación de las medias de las fuerzas mostró una diferencia significativa ( $p < 0.005$ ) entre estos al ser sometidos a una activación de 1mm; excepto para los resortes Bull loop TMA y Bull loop de acero inoxidable. Ver cuadro 1.2 lo que significa que el resorte de cierre Bull loop diseñados con cualquiera de estos alambres pueden ser utilizado sin que haya diferencias entre ellos.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: resortes 1mm Tukey HSD

|                        |                        | Diferencia de la<br>media (I-J) | Sig. | Intervalo de<br>confianza 95% |                |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|------|-------------------------------|----------------|
| (I) tipo de<br>resorte | (J) tipo de<br>resorte |                                 |      | Valor inferior                | Valor superior |
| resorte T ace          | T tma                  | .28435                          | .000 | .19245                        | .37624         |
|                        | bull ace               | .45095                          | .000 | .36024                        | .54166         |
|                        | bull tma               | .51755                          | .000 | .42684                        | .60826         |
| T tma                  | resorte T ace          | -.28435                         | .000 | -.37624                       | -.19245        |
|                        | bull ace               | .16660                          | .000 | 7.4707E-02                    | .25850         |
|                        | bull tma               | .23320                          | .000 | .14131                        | .32510         |
| bull ace               | resorte T ace          | -.45095                         | .000 | -.54166                       | -.36024        |
|                        | T tma                  | -.16660                         | .000 | -.25850                       | -7.47066E-02   |
|                        | bull tma               | 6.6600E-02                      | .225 | -2.41102E-02                  | .15731         |
| bull tma               | resorte T ace          | -.51755                         | .000 | -.60826                       | -.42684        |
|                        | T tma                  | -.23320                         | .000 | -.32510                       | -.14131        |
|                        | bull ace               | -6.66000E-02                    | .225 | -.15731                       | 2.4110E-02     |

La diferencia de la media es significativa en el nivel de .05.

1.2 Cuadro que demuestra la diferencia significativa de la media.

Descriptives  
Resorte 2mm

|          | N  | Media kgf  | Error Std.<br>de la mediar | Intervalo de<br>confianza de<br>la media 95% |                |
|----------|----|------------|----------------------------|----------------------------------------------|----------------|
|          |    |            |                            | Valor inferior                               | Valor superior |
| ace T    | 20 | .92485     | 4.3767E-02                 | .83325                                       | 1.01645        |
| tma t    | 19 | .34405     | 2.1676E-02                 | .29851                                       | .38959         |
| ace bull | 20 | .22300     | 1.7086E-02                 | .18724                                       | .25876         |
| tma bull | 20 | 8.4050E-02 | 3.6110E-03                 | 7.6492E-02                                   | 9.1608E-02     |
| Total    | 79 | .39462     | 3.8627E-02                 | .31772                                       | .47152         |

1.3 Cuadro descriptivo mostrando los resultados obtenidos de la prueba Anova con un intervalo de confianza de 95% cuando las 79 probetas fueron sometidas a una activación de 2mm.

La prueba de ANOVA para la comparación de las medias de las fuerzas mostró una diferencia significativa ( $p < 0.005$ ) entre estos al ser sometidos a una activación de 2mm. Ver cuadro

1.4

Multiple Comparisons  
Dependent Variable: resorte 2mm  
Tukey HSD

|                        |                        | Diferencia de la<br>media (I-J) | Sig. | Intervalo de confianza 95% |                |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|------|----------------------------|----------------|
| (I) tipo de<br>resorte | (J) tipo de<br>resorte |                                 |      | Valor inferior             | Valor superior |
| 0ace T                 | tma t                  | .58080                          | .000 | .48338                     | .67821         |
|                        | ace bull               | .70185                          | .000 | .60569                     | .79801         |
|                        | tma bull               | .84080                          | .000 | .74464                     | .93696         |
| tma t                  | ace T                  | -.58080                         | .000 | -.67821                    | -.48338        |
|                        | ace bull               | .12105                          | .009 | 2.3635E-02                 | .21847         |
|                        | tma bull               | .26000                          | .000 | .16259                     | .35742         |
| ace bull               | ace T                  | -.70185                         | .000 | -.79801                    | -.60569        |
|                        | tma t                  | -.12105                         | .009 | -.21847                    | -2.36352E-02   |
|                        | tma bull               | .13895                          | .002 | 4.2790E-02                 | .23511         |
| tma bull               | ace T                  | -.84080                         | .000 | -.93696                    | -.74464        |
|                        | tma t                  | -.26000                         | .000 | -.35742                    | -.16259        |
|                        | ace bull               | -.13895                         | .002 | -.23511                    | -4.27896E-02   |

La diferencia de la media es significativa en el nivel de .05.

1.4 Cuadro que demuestra la diferencia significativa de la media.

Descriptives  
Resortes 3mm

|         | N  | Media Kgf | Error Std.de la media | Intervalo de confianza de la media 95% |                |
|---------|----|-----------|-----------------------|----------------------------------------|----------------|
|         |    |           |                       | Valor inferior                         | Valor superior |
| aceT    | 20 | 1.16505   | 3.8690E-02            | 1.08407                                | 1.24603        |
| tmaT    | 19 | .49947    | 3.4576E-02            | .42683                                 | .57212         |
| acebull | 20 | .28730    | 4.3044E-02            | .19721                                 | .37739         |
| tmabull | 20 | .18870    | 1.2104E-02            | .16337                                 | .21403         |
| Total   | 79 | .53558    | 4.6504E-02            | .44300                                 | .62817         |

1.5 Cuadro descriptivo mostrando los resultados obtenidos de la prueba Anova con un intervalo de confianza de 95% cuando las 79 probetas fueron sometidas a una activación de 3mm.

La prueba de ANOVA para la comparación de las medias de las fuerzas mostró una diferencia significativa ( $p < 0.005$ ) entre estos al ser sometidos a una activación de 3mm. Ver cuadro

1.6

Multiple Comparisons  
Dependent Variable: resortes 3mm  
Tukey HSD

|                         |                         | Diferencia de la media (I-J) | Sig. | Intervalo de confianza 95% |                |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------|------|----------------------------|----------------|
| (I) tipo de resorte 3mm | (J) tipo de resorte 3mm |                              |      | Valor inferior             | Valor superior |
| aceT                    | tmaT                    | .66558                       | .000 | .53745                     | .79370         |
|                         | acebull                 | .87775                       | .000 | .75128                     | 1.00422        |
|                         | tmabull                 | .97635                       | .000 | .84988                     | 1.10282        |
| tmaT                    | aceT                    | -.66558                      | .000 | -.79370                    | -.53745        |
|                         | acebull                 | .21217                       | .000 | 8.4052E-02                 | .34030         |
|                         | tmabull                 | .31077                       | .000 | .18265                     | .43890         |
| acebull                 | aceT                    | -.87775                      | .000 | -1.00422                   | -.75128        |
|                         | tmaT                    | -.21217                      | .000 | -.34030                    | -8.40523E-02   |
|                         | tmabull                 | 9.8600E-02                   | .180 | -2.78681E-02               | .22507         |
| tmabull                 | aceT                    | -.97635                      | .000 | -1.10282                   | -.84988        |
|                         | tmaT                    | -.31077                      | .000 | -.43890                    | -.18265        |
|                         | acebull                 | -9.86000E-02                 | .180 | -.22507                    | 2.7868E-02     |

La diferencia de la media es significativa en el nivel de .05

1.6 Cuadro que demuestra la diferencia significativa de la media.

# **DISCUSIÓN**

Burstone en 1982 menciona que para conseguir la retracción canina se requieren entre 75 y 150grf, en 1983 recomienda una fuerza no mayor de 250grf para retracción anterior y para llevar acabo una protracción posterior recomienda una fuerza mayor de 300grf

Siguiendo las recomendaciones de Burstone los resultados generados por este estudio demuestran que para la retracción canina en donde se requieren entre 75 y 150grf, se debe activar:

El resorte Bull Loop acero inoxidable solo 1mm que genera una fuerza de 107grf.

El resorte Bull Loop de TMA solo a 2mm que genera una fuerza de 84grf; mientras que para la retracción anterior los resortes Bull Loop de acero debe activarse hasta 2mm que genera una fuerza promedio de 223 grf y para una protracción en donde se requiere una fuerza mayor de 300grf se puede utilizar el resorte T Loop de TMA activándolo a 2mm que genera una fuerza de 344grf.

Ferreira (1999) menciona que los resortes diseñados con alambre de acero inoxidable presentan un rango de activación limitada independientemente del tipo de diseño que se utilice, lo cual fue verificado en este estudio ya que ambos diseños construidos con alambre de acero inoxidable generaron mayor fuerza al ser activados a 1,2 y 3 mm esto se debe a que su índice de carga/deflexión depende directamente de su bajo modulo de elasticidad.

En 1982 Burstone afirma que con la introducción de los alambres de TMA (aleación titanio-molibdeno) ha sido posible simplificar el diseño de tal modo que un resorte por si mismo tendrá un menor índice de carga/deflexión y un mayor rango de activación; los resultados corroboran que efectivamente ambos diseños de resorte construidos con alambre de TMA generaron fuerzas reducidas hasta un 100% en comparación con la fuerza generada por los resortes construidos con alambre de acero inoxidable y a la vez presentaron mayor rango de activación esto se debe a que su modulo de elasticidad es mayor por lo que puede ser doblado casi dos veces mas que alambre de acero inoxidable sin sufrir deformación permanente.

En 1997 Raboud et al. Realizaron un estudio sobre los efectos tridimensionales de diferentes diseños de resortes de retracción encontrando que el resorte T loop construido con alambre de titanio molibdeno su activación elástica es de 3 a 4 veces mayor que los resortes verticales construidos con alambre de acero inoxidable, los resultados de este estudio no concuerda con lo anteriormente mencionado ya que el resorte T loop construido con alambre de TMA al ser comparado con el resorte Bull loop de acero inoxidable la activación elástica de este ultimo fue superior en casi un 50%.

Chen Jie et al (1999) y Kwangchul Choy (2001) mencionan que el nivel y dirección de la fuerza que generan los resortes de retracción dependen directamente del material y diseño de estos. Este estudio demuestra que el resorte Bull loop debido a la configuración de este resorte disminuye la carga/deflexión del mismo ya sea construido con acero o TMA por lo que genera bajos niveles de fuerza. Mientras que el resorte en T diseñado ya sea con alambre de acero inoxidable o TMA generan mayor fuerza debido a que la adición de alambre horizontal colocado hacia gingival se contrapone a la fuerza de la activación.

Fortschr (1989) comenta que el índice carga/deflexión de los resortes ortodóncico dependen del modulo de elasticidad de la aleación utilizada y de la configuración geométrica del resorte. Ferreira (1999) en su estudio in vitro sobre los efectos del material del alambre y diseño del resorte doble delta construido con alambre TMA .017x.025 encontró que la fuerza generada por este resorte depende directamente de la activación, diseño y material empleado; así como también observo que el alambre de TMA genera menor índice de fuerza y mayor rango de activación. Este estudio concuerda con lo anteriormente expuesto por Fortschr y Ferreira ya que los resultados demuestran que la fuerza generada por el resorte construido con alambre TMA generó menor fuerza permitiendo mayor rango de activación que con el resorte construido con alambre de acero inoxidable mientras que por diseño el resorte Bull loop generó menor fuerza en comparación con el resorte T loop.

# **CONCLUSIONES**

Los resortes diseñados con alambre de acero inoxidable independientemente del tipo de diseño insertaron mayores niveles de fuerza dependiendo directamente del grado de activación.

Los resortes con una configuración en T diseñados con alambre de acero inoxidable y TMA generan mas fuerza por milímetro de activación comparada con el resorte Bull Loop. Sin embargo los resortes en T contruidos con alambre de Acero Inoxidable generaron niveles de fuerza superior a los resortes en T contruidos con alambre TMA.

Los resortes con una configuración en Bull Loop diseñado con alambre de Acero Inoxidable y TMA generan bajos niveles de fuerza por milímetro de activación comparada con los resortes T Loop. Sin embargo los resortes en Bull contruidos con alambre de Acero Inoxidable generaron niveles de fuerza superior a los resortes en Bull contruidos con alambre de TMA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio podemos recomendar lo siguiente:

El resorte en T contruido con alambre de acero inoxidable se puede utilizar para protracción con una activación de 1mm.

El resorte bull loop contruido de acero inoxidable se puede usar para la retracción canina con 1mm de activación y retracción anterior con una activación de hasta 2mm.

El resorte en T contruido con alambre TMA se debe utilizar para retracción anterior con 1mm de activación y para protracción con una activación de hasta 2mm

Mientras que el resorte bull loop contruido con alambre TMA se debe utilizar para retracción canina y retracción anterior activándolo a 2 mm.

La baja rigidez del alambre de aleación titanio-molibdeno, su alto modulo de elasticidad, ductibilidad y formabilidad lo hacen el material de elección ideal para la construcción y diseño de cualquier tipo de resorte.

# **BIBLIOGRAFÍA**

1. - Bennett y Mclaughlin: Controlled Space Closure with a Preadjusted Appliance System.  
*JclinOrthod* **1990**; 24(4): 251-260.
  
2. -. Burstone C. Y Koenig H: Optimizing anterior and canine retraction. Am  
*JorthodDentofacOrthop* **1976**; 70: 1-19.
  
3. – Burstone and Goldberg: Maximum forces and deflections from orthodontic appliances. Am  
*JorthodDentofacOrthop* **1983**; 84 (2): 95 – 103.
  
4. - -Burstone C.: The segmented arch approach to space closure. *AmJOrthodDentofacOrthop*  
**1982**; 66: 361-378
  
5. – Chen J, Markham DL, Katona TR: Effects of T-loop geometry on its forces and moments. *Angle*  
**1999**; 70(1): 48-51
  
6. - Choy k, Pae E, Kim K; Chel Park; Burstone: Controlled Space Closure with a Statically  
Determinate Retraction System; *AngleOrthod* **2001**; 72(3): 191–198.
  
7. -Faulkner, Lipsett, El-Rayes, and Haberstock: Use of vertical loops in retraction systems. Am  
*JorthodDentofacOrthop* **1991**; 99(4): 328 – 336.
  
8. - Ferreira A. Marcelo: The wire material and cross-section effect on double delta closing loops  
regarding load and spring rate magnitude: an in vitro study. *AmJ OrthodDentofacOrthop*. **1999**; 115  
(3): 275-82

9. -Gurgel, Kerr, Powers y Le Crone: Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires; *AmJOrthodDentofacialOrthop* **2001**; 120: 378-82
10. - Kapila and Sachdeva: Mechanical properties and clinical applications of orthodontics wires. *AmJOrthodDentofacOrthop* **1989**; 96:100-9.
11. – Kazuo H, Araki Y.: Nonlinear large-deflection analysis or orthodontic Wires. *Angle* **2003**; 74 (1) 112-117.
12. - Kuhlberg A y Burstone C.: Tloop position and anchorage control *AmJOrthodDentofacOrthop* **1997**; 112:12-18
13. - Kwangchul, Eung-kwon, Kyung-Ho, Young and Burstone: Controlled space closure with a statically determinate retraction system; *Angle* **2001**; 72(3):191-198.
14. -Maltha J. Y Kuijper-Jagtman M: Optimum Force Magnitude for Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Literature Review. *AmJOrthodDentofacOrthop* **2002**; 73: 86-92.
15. - Ong y Wang: Periodontic and Orthodontic treatment in adults. *AmJOrthodDentofacOrthop* **2002**; 122:420-8
16. - Ortodoncia clínica terapeutica Graber 2a edición 1988
17. - Ren Y, Maltha J., Optimum Force Magnitude for Orthodontic tooth movement: A systematic literature review. *Angle* **2002**; 73(1): 86-92

18. - Raboud D, Faulkner M, Lipsett A: Three-dimensional effects in retraction appliance design.  
*AmJOrthodDentofacOrthop***1997**; 70:378-392

19. -Schumacher, Bourauel y Drescher: Frictional forces when rectangular guiding arches with varying edge bevel are employed; *JorofacOrthop* **1998**; 59(3): 139-49.