

01461

5_{2ej.}

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA.**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.
COORDINACIÓN DE MAESTRÍA Y DOCTORADO.**

**DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE EXPANSIÓN
Y TORSIÓN QUE SE PRODUCEN AL ACTIVAR EL
QUAD HÉLIX. IN VITRO.**

**TESIS QUE PRESENTA EL ALUMNO:
FERNANDO LUIS PARÉS VIDRIO.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE :
MAESTRO EN ODONTOLOGÍA**

TUTOR: C.D. M.O. FRANCISCO JAVIER MARICHI RODRÍGUEZ.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1998

2014-10



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

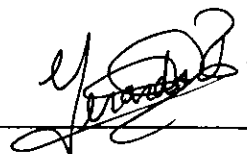
Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, 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 donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

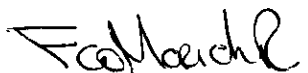
**DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE EXPANSIÓN Y TORSIÓN
QUE SE PRODUCEN AL ACTIVAR EL QUAD-HÉLIX. IN VITRO**

COMITÉ DE TESIS

M.en C. GERARDO FERNÁNDEZ SÁNCHEZ
(ASESOR)



CD.MO. FRANCISCO JAVIER MARICHI RODRÍGUEZ
(DIRECTOR)



RECONOCIMIENTOS

Agradezco las facilidades dadas para la realización de ésta investigación a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM.

Por otra parte, agradezco el apoyo que me brindó la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, para la realización de mis estudios de Maestría.

INDICE.

	Página.
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
JUSTIFICACIÓN	11
HIPÓTESIS	13
OBJETIVOS	14
METODOLOGÍA	15
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN	18
RECURSOS HUMANOS	23
RECURSOS FÍSICOS	23
DISEÑO ESTADÍSTICO	24
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	62
CONCLUSIONES	64
PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO	65
BIBLIOGRAFÍA	66
CURRICULUM VITAE	69
APÉNDICE 1	70
APÉNDICE 2	84

RESUMEN

En el presente trabajo, se determinaron las fuerzas de expansión y torsión del aparato quad hélix, tomando en consideración que no se había contemplado a la fecha una aproximación real del comportamiento de este aparato en expansión, ni se habían tomado en cuenta otras variables como la determinación de las fuerzas de torsión al producirse la expansión, ni la fuerza del torque aplicado al aparato para equilibrar la vestibularización producida por la expansión

El objetivo fundamental fue el de elaborar tablas de fuerzas de expansión y de torsión basadas en experimentos con cuatro determinados tamaños de quad hélix, donde se reprodujo las activaciones básicas del mismo aparato para tener un mayor conocimiento de su comportamiento y que pudiera ser de utilidad para el clínico controlar el rango de fuerzas en el que se desempeña la acción del quad hélix en la expansión maxilar.

Dentro de los resultados, se obtuvo una ecuación cuadrática en la distancia intermolar que se pueda aplicar a todos los quad-hélix, variando los coeficientes de x , que sería la variable compresión o distancia intermolar, con el objeto de encontrar una fórmula única que exprese la fuerza para cada compresión, activación y longitud del puente posterior.

Se obtuvo también una tabla de fuerzas en función de x , para cada activación, en cada uno de los cuatro quad-hélix, que diferían en la longitud del puente posterior. Tomando en consideración estos hallazgos se elaboraron tablas para cada uno de los quad-hélix, en donde se pudo observar que la fuerza tiene la misma fórmula cuadrática general, solo que el termino libre, el que multiplica a x , y el que multiplica a x^2 , fueron polinomios de quinto grado en la activación, debido a que cada uno de estos polinomios se ajustó con seis valores de activación partiendo de a_0 hasta a_5 , que son los valores de las activaciones.

Por último, se obtuvo a partir de los procedimientos anteriores la fórmula general que da la fuerza para el quad-hélix.

Los resultados que se obtuvieron se plasmaron en tablas de fuerza de expansión, después las tablas de torque producido por la expansión , y por último las tablas de torque producido por la torsión; éstos, no invalidaron los trabajos de autores que precedieron en investigaciones sobre algunas particularidades del aparato, sino que más bien extendieron el análisis a otros valores de las variables que se estudiaron.

Se concluyó que cuando se modifica la longitud del puente posterior del quad-hélix, hay una variación no lineal de la fuerza de expansión , como lo muestran en los resultados las tablas de fuerza de expansión. También a medida que aumenta la longitud del referido puente, la fuerza por milimetro de expansión tiende a disminuir.

En cuanto a la fuerza de torsión, se encontró que no es directamente proporcional a la longitud del puente posterior, lo que nos arroja que el alambre no es completamente elástico en el movimiento de torsión.

Finalmente, en el torque producido por la torsión, se encontró que la fuerza de torsión es aproximadamente proporcional al ángulo de giro para ángulos pequeños, no así, para ángulos de 15° en adelante.

Palabras clave: quad hélix, expansión, torsión, torque.

SUMMARY

At the present work, it determines the expansion forces and torsion of the quad-helix brace, considering that it has not been completed up to date a real approximation of the behavior of this brace in expansion, bearing in mind the variables how the determination of the torsion forces as the expansion produces, neither the torque force applied to the brace to equilibrate the vestibularisation produced by the expansion.

The fundamental goal was to elaborate tables of expansion forces and torsion based in experiments with four sizes of the quad-helix, where it has been produced the basic activations of the same brace to obtain a major knowledge of its behavior and that it could be useful for the clinic control of the force rank in which it develops the action of the quad-helix in the maxillary expansion.

In the results, we obtained a quadratic equation in the intermolar distance that it could apply to all the quad-helix, varying the x constants, that it would be variable compression or intermolar distance, with the purpose to find a unique formula that expresses the force for each compression, activation and length of the rear bridge.

We also obtained forces table in function of x , for each activation, in each of the four quad-helix, that differed in length of the rear bridge. Considering these findings, it has been elaborate tables for each of the quad-helix, in which it could be observed that the force has the same general quadratic formula, just that the free term, the one that multiplies x , and the one that multiplies x^2 , were polynomials in fifth degree of the activation, due that each of these polynomials it adjusted with six values of activation starting from a_0 to a_5 , that are the values of the activations.

At last, we obtained starting from the previous procedures the general formula that gives the force for the quad-helix.

The results that we obtained were shaped in the force tables of expansion, after the torque tables produced by expansion, and at last the torque tables produced by torsion, these, do not invalidated the works of authors that preceded on investigation about some particularities of the brace, however they extended the analysis to other values of the variables that they studied.

It concluded that when the length it is changed the rear bridge of the quad-helix, there is not a lineal variation of the force expansion, as it is shown in the results of the force expansion.

Also as it grows the length of the reffering bridge, the strength for milimeter of expansion trends to diminish.

About the torsion force, we found that it is not directly proportional to the length of the rear bridge, so that the wire is completely elastic in the torsion movement.

Finally, in the torque produced by the torsion, we found that the strength of torsion is aproximately proportional to the turning angle for little angles not like this, for angles of 15° or more.

Key words: quad-helix, expansion, torsion, torque.

Determinación de las Fuerzas de Expansión y Torsión que se producen al Activar el Quad-Hélix In Vitro

1.- INTRODUCCIÓN.

Desde hace muchos años, los aparatos que se utilizan en la corrección de alteraciones a nivel transversal del arco maxilar (mordidas cruzadas posteriores y el colapso maxilar), han sido diseñados de diferentes tipos.

Muchos de esos aparatos han sufrido modificaciones realizadas a partir de uno hecho en caucho, sugerido originalmente por Coffin.

Uno de los aparatos más comunes que utilizamos en la corrección de este tipo de problemas transversales es el quad-hélix, el cual tiene una forma de W diseñado por Ricketts para tratar casos con paladar hendido los cuales estaban acompañados de colapso maxilar. Este aparato actúa con una fuerza que se produce después de cada activación y su manejo es muy versátil debido a la incorporación de cuatro hélix o hélices de donde proviene su nombre, con la posibilidad de producir además de la expansión de los segmentos laterales, torsión y distorotación de los molares superiores con diferentes activaciones que se realizan de acuerdo a la función que se requiera.

Chaconas y Caputo encontraron que la producción de fuerza del aparato a nivel transversal era de 400 a 500gr por cada 8mm de apertura, no tomando en cuenta otras variables como la diferencia de tamaño del aparato en cada paciente, al igual que la fuerza con que se produce cada activación, por lo tanto los efectos del uso del aparato han sido hasta ahora entendidos de una manera inexacta, de allí el interés por determinar la fuerza que se produce en cada activación e individualizar su aplicación en algunos tamaños más comunes.

2.- ANTECEDENTES:

El maxilar superior como la mandíbula, crece en una variedad compleja de direcciones regionales, pero su curso predominante de agrandamiento es hacia atrás y arriba.

El desplazamiento tiene lugar en forma opuesta hacia adelante y abajo. El curso hacia atrás de agrandamiento maxilar es producido por depósitos progresivos en superficie sobre la tuberosidad maxilar, aumentando las dimensiones horizontales (anteroposteriores) del arco alveolar por un aumento de sus extremos libres (posteriores).^{1,2}

Durante el período fetal, toda la superficie exterior del maxilar, incluso su porción mas anterior, se conserva de depósito para brindar una longitud creciente del arco en conjunto con el desarrollo de los primordios dentales y el subsiguiente aumento de tamaño. Todas las superficies de revestimiento de los alvéolos que rodean a cada uno de los primordios dentales sufren resorción. Por lo tanto, el arco superior maxilar fetal aumenta de tamaño en sentido horizontal, en direcciones tanto posterior como anterior, en comparación con el crecimiento principalmente hacia atrás durante los períodos ulteriores del niño.^{1,2,3}

Durante el período de la dentición primaria ya no ocurre ampliación del arco maxilar superior hacia adelante, salvo en pequeños grados a nivel de los bordes a lo largo de la cresta alveolar.⁴

Una vez que ha hecho erupción toda la dentición primaria, se establece la oclusión que tiene rasgos morfológicos distintos a los de la oclusión permanente. A los 30 meses la oclusión de las 20 piezas temporales tiene algunas de las siguientes características:

- 1.- Los incisivos están más verticalizados en su implantación sobre el maxilar.
- 2.- El vértice cuspídeo del canino superior ocluye sagitalmente a nivel de punto de contacto entre el canino y el primer molar inferior.
- 3.- La oclusión de los segundos molares de la primera dentición se define por la relación de las caras distales, que en la mayoría de los casos están en el mismo plano vertical.⁴

A partir de los 6 años, la primera dentición va siendo sustituida por la segunda dentición, erupcionan además como piezas adicionales los molares permanentes que ocupan el extremo distal de los arcos dentarios sin reemplazar a ninguna pieza temporal.⁴

Por la coincidencia de las dos denticiones en la boca se le denomina a este periodo dentición mixta, que alcanza de los 6 a los 12 años de edad aproximadamente, la cual está dividida en tres partes o fases :

a) Dentición mixta inicial.- En el que erupcionan incisivos y primeros molares.

b) Período intertransicional.- Dura entre 1 ó 1.5 años aproximadamente, y está compuesto de 12 piezas temporales y 12 piezas permanentes.

c) Dentición mixta final.- En el que cambian los 4 caninos y los 8 molares y hacen erupción los segundos molares permanentes.^{4,5}

A lo largo de la primera dentición hay un crecimiento continuado, gradual y limitado que va ensanchando el arco dentario. En dentición mixta el crecimiento es más restringido, pero aumenta en ciertos momentos con mayor intensidad, y así al hacer erupción los incisivos laterales, se incrementa el diámetro intercanino. Tanto los bicúspides como los caninos de la segunda dentición hacen erupción más hacia vestibular del lugar que ocupaban sus predecesores de la primera dentición haciendo el arco más ancho conforme se va produciendo el cambio denticional.⁴

Dentro de los múltiples problemas en la Ortodoncia que en relación al desarrollo pueden presentarse, están las alteraciones transversales, entre las cuales podríamos mencionar:^{6,7,8,9}

1.- Mordidas cruzadas posteriores uni o bilaterales.

2.- Colapsos maxilares.

Algunos autores afirman que las mordidas cruzadas posteriores así como los colapsos maxilares, a nivel transversal pueden originar una asimetría facial, desviación de la línea media, entrecruzamiento insuficiente, contactos oclusales prematuros, distorsión muscular y discrepancia entre el maxilar superior y la mandíbula, lo cual repercute directamente en una asimetría facial, teniendo que el

porcentaje de estos casos tanto en México como en algunos países va del 8 al 18%, estableciendo la importancia de intervenir tempranamente.^{10,11}

Los factores etiológicos que dan lugar a estas alteraciones, son generalmente clasificados en dentales y esqueléticos.^{11,12,13,14}

Entre los dentales se encuentran:

- 1.- Patrón defectuoso de erupción
- 2.- Longitud insuficiente de la arcada
- 3.- Retención prolongada de dientes de la primera dentición
- 4.- Restauraciones defectuosas
- 5.- Hábitos deletéreos como son :
 - 5.1 Succión digital
 - 5.2 Respiración oral
 - 5.3 Interposición lingual
- 6.- Ausencia dentaria
- 7.- Tamaño de las piezas dentarias

Por otra parte dentro de los esqueléticos podemos mencionar:

- 1.- Deficiencia en el crecimiento óseo del maxilar a nivel transversal
- 2.- Paladar hendido
- 3.- Síndromes

La implementación de un tratamiento oportuno a base de una expansión maxilar para la corrección tanto del colapso maxilar como de las mordidas cruzadas posteriores es de gran importancia ya que por un lado permite el restablecimiento del equilibrio bucal, que se relaciona

directamente con el crecimiento normal de los maxilares y la cara, y por otro la simplificación del tratamiento.^{15,16}

Asimismo y de acuerdo a su etiología existen dos enfoques para tratar este tipo de alteraciones, las denominadas de expansión maxilar lenta para alteraciones de etiología dental y las de expansión maxilar rápida o disyunción palatina rápida para alteraciones de etiología esquelética.^{17,18,19,20,21}

Entre los aparatos comúnmente usados para expansión maxilar lenta, están el quad-hélix y aparatos removibles denominados Placas con tornillo de expansión uni o bilaterales y con diferentes modificaciones.^{17,22}

El aparato quad-hélix es una evolución a partir de un aparato de caucho sugerido originalmente por Coffin y consta fundamentalmente de un arco palatino para producir expansión y cuatro hélices o hélix, dos anteriores y dos posteriores, una en cada ángulo, de allí proviene su nombre, configurándose de forma aproximada de una W, constando de cinco segmentos denominados por su posición los interiores puentes palatinos que son dos, un puente anterior, y los exteriores se denominan ramas anteriores, los cuales están diseñados para ejercer fuerzas controladas.(fig. 1)^{17,23,24,25}

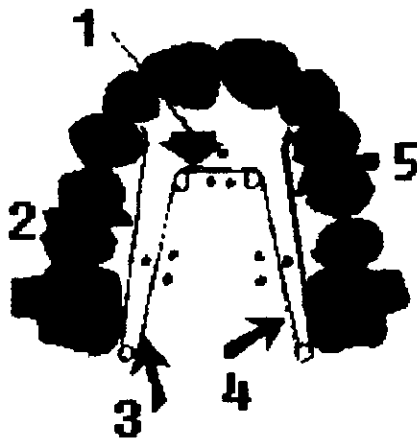


Fig.1. Componentes del aparato 1: puente anterior, 2: brazo lateral derecho, 3: puente palatino posterior derecho, 4: puente palatino posterior izquierdo y 5: brazo lateral izquierdo. Se presentan los sitios de activación, con la porción del alicate de tres picos en el puente anterior para la expansión y en los puentes palatinos para la distorotación.

Este aparato puede estar fijo o semifijo, en bandas preformadas y cementadas en los primeros molares permanentes o segundos molares temporales, como originalmente se presentó; o también pueden utilizarse cajas linguales soldadas a las bandas para que funcione de una modalidad semifija, esto es, que después de finalizar la función del aparato se retire y queden las bandas, sobre todo en un tratamiento completo de aparatología fija.

El autor recomienda para su fabricación el uso de alambre de oro No. 4 o alambre Elgiloy de 1mm, siendo utilizado generalmente el alambre Elgiloy debido a los costos.¹⁸

El alambre Elgiloy es producido por la compañía Rocky Mountain Orthodontics (RMO) a través de Elgin National Company, en base a una aleación de cobalto con la siguiente composición química aproximada en porcentaje:

- 1.- Cobalto 40%
- 2.- Cromo 20%
- 3.- Níquel 15%
- 4.- Molibdeno 7%
- 5.- Manganeso 2%
- 6.- Berilio 0.04%
- 7.- Carbono 0.15%
- 8.- Hierro 15.81%

En la composición del alambre Elgiloy cada uno de sus componentes le aporta diferentes propiedades físicas, como son elasticidad, dureza y flexibilidad.²⁶

El propósito de las hélix o hélices es aumentar el rango de fuerza y flexibilidad para la distorsión de los molares.

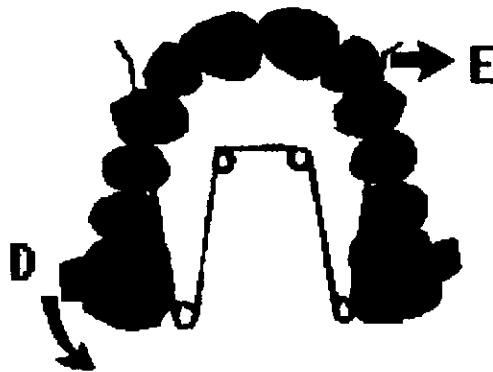


Fig.2 A Posición del quad-hélix para la expansión y la distorsión.

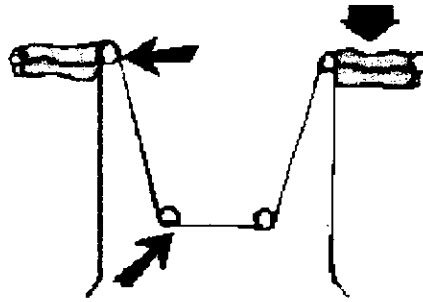


Fig.2 B Quad-hélix con movimiento de torsión radicular vestibular para prevenir la inclinación vestibular coronal al hacer una expansión. Las flechas indican los sitios en donde se realiza la activación.

La forma de activación del aparato se efectúa antes de colocarse, realizando una pre-activación a nivel transversal y posteriormente se realizan activaciones con un alicate de tres picos, ya sea en el puente anterior para expansión de los segmentos laterales o en los puentes palatinos para distorsión de los molares superiores de acuerdo a la función que se pretenda ejercer (fig. 2A) así como una activación tal como se muestra en la fig. (2 B) para proporcionar la torsión.¹⁸

Una vez activado el quad-hélix produce cambios de expansión y se descubrió que ejerce un efecto de ensanchamiento de la sutura palatina (cambios ortopédicos), siendo más efectivos estos cambios cuando se realizan en dentición mixta.^{18,24}

Es importante mencionar que los cambios que se producen por efectos de la expansión, se definen de la siguiente manera:

- a) Dentales, cuando sus efectos se producen a nivel dentoalveolar.
- b) Ortopédicos, cuando sus efectos involucran a estructuras óseas.

El aumento ortopédico de la dimensión transversal del maxilar superior es benéfico debido a que esta expansión permite una mejor coordinación entre las arcadas superior e inferior y hace posible un tratamiento más estable y un crecimiento más equilibrado tanto dental como esquelético.^{27,28,29,30}

Se reportan conceptos de funcionamiento, diseño, fabricación del quad-hélix, al igual que conceptos como el de que puede desarrollar en su totalidad 500gr de fuerza si se desea movimientos

ortopédicos, no mencionando los fundamentos de esta observación ¹⁸; también menciona que en la primera activación se debe expansionar el aparato aproximadamente la mitad de la distancia bucopalatina del primer molar superior o segundo temporal para que sea una expansión adecuada ¹⁸

Chaconas y Caputo ³¹ observaron la distribución de la fuerza ortopédica que se produce con cinco aparatos maxilares entre los cuales estaba el quad-hélix, encontrando que al ser expandido 8mm se produce una fuerza entre 400 y 500 gr, posteriormente al comprimirse 1mm menos se concluye, que se produce alrededor de 100gr por mm de activación pero no se menciona el rango de fuerza que se produce en cada activación, ni su fundamento científico para determinarlo; tampoco se contempla la variación de la fuerza debida al tamaño del aparato, que varía obviamente en cada paciente, tornándose por lo tanto su manejo poco exacto en la producción de una fuerza controlada, en las activaciones anteriores y posteriores del aparato, para el manejo de la expansión maxilar lenta.

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la concepción del aparato quad-hélix para la corrección del colapso maxilar y las mordidas cruzadas posteriores, se ha mencionado que su fabricación se realiza con alambre Blue Elgiloy .038, su forma de activación es conocida, sus indicaciones, así como su efecto tanto ortodóncico como ortopédico basado en la premisa de que por una apertura de 8mm en la distancia intermolar produce entre 400 a 500 gr de fuerza en sentido horizontal, sin embargo, su manejo se ha realizado en forma no muy exacta al no saber con certeza en que rango de fuerza trabaja el aparato tanto en el plano transversal, así como al proporcionársele movimientos de torsión y no tomando en consideración que el tamaño de cada aparato varía en cada paciente. Por lo tanto, el planteamiento del problema que surge, consiste en el desconocimiento del rango de fuerza producido en cada activación, tanto lateral, como la producida por movimientos de torsión tomando en consideración el tamaño del aparato y los distintos sitios de activación, lo que se traduce en tratamientos que no están sustentados en cálculos reales.

4.- JUSTIFICACIÓN

En el tratamiento de mordidas cruzadas posteriores y del colapso maxilar hay una limitación al crecimiento transversal de los maxilares, como consecuencia de no instituir un tratamiento a temprana edad, alterando la fonación, la masticación, deglución y deficiencias en la longitud de arcada que conllevan a problemas de posición y alineación dentaria ^{15,16}

Si la posición del maxilar superior colapsado no es corregida durante la niñez, el problema que principia con una etiología dental o funcional, se convierte en esquelético, tornándose más agresivo el tratamiento, el cual se conoce comúnmente como disyunción palatina rápida o expansión palatina rápida ^{3,31,32,33,34}, o pudiendo concluir en una cirugía de tipo ortognático. ³⁵

Por lo tanto en el presente trabajo, se pretendió evaluar un aparato que permitiera la expansión del paladar con las siguientes ventajas aparentemente de acuerdo a los reportes de la literatura:

- 1.- Es un aparato que colocado tempranamente evita la complicación del problema.
- 2.- Es un aparato no complicado en su elaboración.
- 3.- Es unaparato cómodo para el paciente.
- 4.- Es unaparato que manejado adecuadamente no ofrece reacciones secundarias.

Los enunciados anteriores pueden carecer de validez, si no se han contemplado variables como la determinación de las fuerzas que produce el aparato en cada activación, así como el tamaño que varía de acuerdo a la anatomía de cada paciente, ya que en algunas ocasiones se cuestionará el funcionamiento real del aparato, debido a que en algunos pacientes presenta buenos resultados y en otros no tanto, por lo que quizá los rangos de fuerza de activación sean factor fundamental del éxito del tratamiento.

Tomando en consideración estos conceptos, es importante mencionar, que los datos aportados en este estudio servirán para enriquecer el conocimiento del aparato y sus efectos

ulteriores en la producción de la expansión maxilar, redundando en un mejor tratamiento para los pacientes.

5.- HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

6.1.1 La fuerza en gramos de expansión, compresión y torsión que produce el quad-hélix varía dependiendo de la longitud de sus puentes posteriores, en relación al grado de activación.

5.2 HIPÓTESIS NULA

6.2.1 La fuerza en gramos de expansión, compresión y torsión que produce el quad-hélix no varía dependiendo de la longitud de sus puentes posteriores, en relación al

6.- OBJETIVOS

6.1.- OBJETIVO GENERAL

Configurar una tabla de valores de fuerza de expansión y de torsión producida por el quad-hélix, tomando en consideración las variables, longitud del puente anterior, longitud de los puentes posteriores y la torsión corono lingual aplicada al aparato.

6.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

6.2.1 Determinar los rangos de fuerza en gramos que produce el quad-hélix de acuerdo a la longitud de su puente anterior y sus puentes posteriores.

6.2.2 Determinar los rangos de fuerza en gramos que produce el quad-hélix al variar la distancia intermolar.

6.2.3 Determinar el torque al variar la distancia intermolar y la torsión corono lingual

7.- METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE ESTUDIO.- Experimental

7.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Se fabricaron preliminarmente 16 quad-hélix cuyos tamaños oscilaban en la longitud de puente anterior entre 13 y 22 mm, y longitud de puente posterior entre 13 y 32mm, con el objeto de estimar el rango de fuerzas disponible, después del cual se sistematizó un procedimiento elaborando una hoja de recolección de datos (apéndice 1) donde estuvieran contempladas las fuerzas de expansión (Fig 3), torsión y torque producido por la expansión y además se elaboraron columnas donde se incluyen datos de las distancias intermolar y los ángulos de torsión.(tablas del apéndice 1 y tablas 5 y 6).

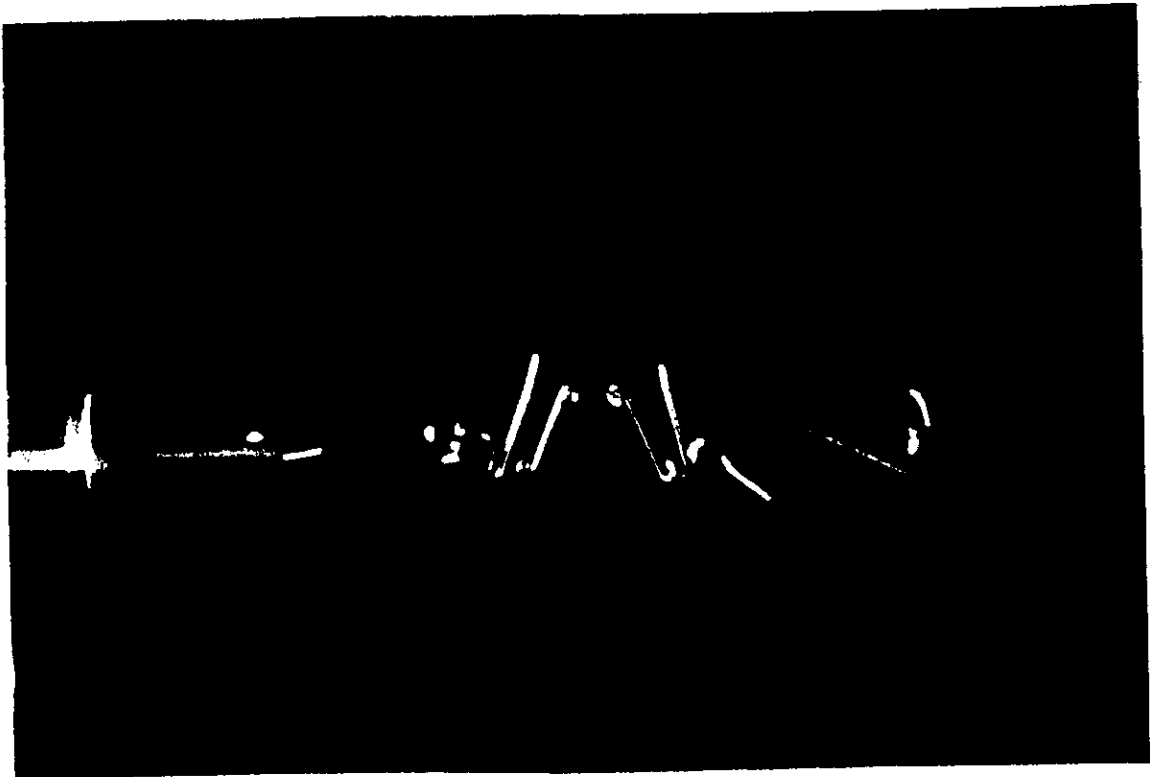


Fig.3. Quad-hélix sometido a dos fuerzas de expansión producidas por dos dinamómetros.

Se realizó una selección de variables ya que al haber utilizado toda la gama posible de variables en cuanto a tamaños de quad-hélix y diversos sitios de activación, hubieran resultado unas tablas demasiado extensas y poco prácticas para el clínico en la consulta.

Posteriormente se evaluó la conveniencia de utilizar cuatro tamaños de quad-hélix tomando como referencia los tamaños diseñados por la Rocky Mountain Orthodontics (RMO), ya que son los más comunes, los cuales se elaboraron con dimensiones de longitud de puente anterior de 13mm, y longitud de puentes posteriores de 13mm, 18mm, 23mm y 28mm respectivamente que se denominaron pequeño, chico, regular y grande, señalados en las hojas de recolección de datos (apéndice 1) con los números 9, 10, 11 y 12, esto con el objeto que cubrieran el rango de tamaños de las arcadas de los pacientes, considerando estos cuatro tamaños estándar. En dichos quad-hélix se determinó fijar algunas variables como la longitud del puente anterior en 13mm, ya que como se comentó anteriormente se tomó como parámetro la referencia establecida por RMO, así como el sitio de activación el cual fuera a la parte media del puente anterior (Fig 4). Para cada quad-hélix, se hicieron cinco activaciones, que consistieron en un pinzamiento con el alicate de tres picos como se observa en la Fig.4 con un rango de profundidad las activaciones de .44mm a 2.2mm medidas con una lupa con papel milimétrico sin cambiar de quad-hélix, con el objeto de no cambiar las condiciones originales de construcción y que no hubiera variabilidad en las dimensiones del mismo.

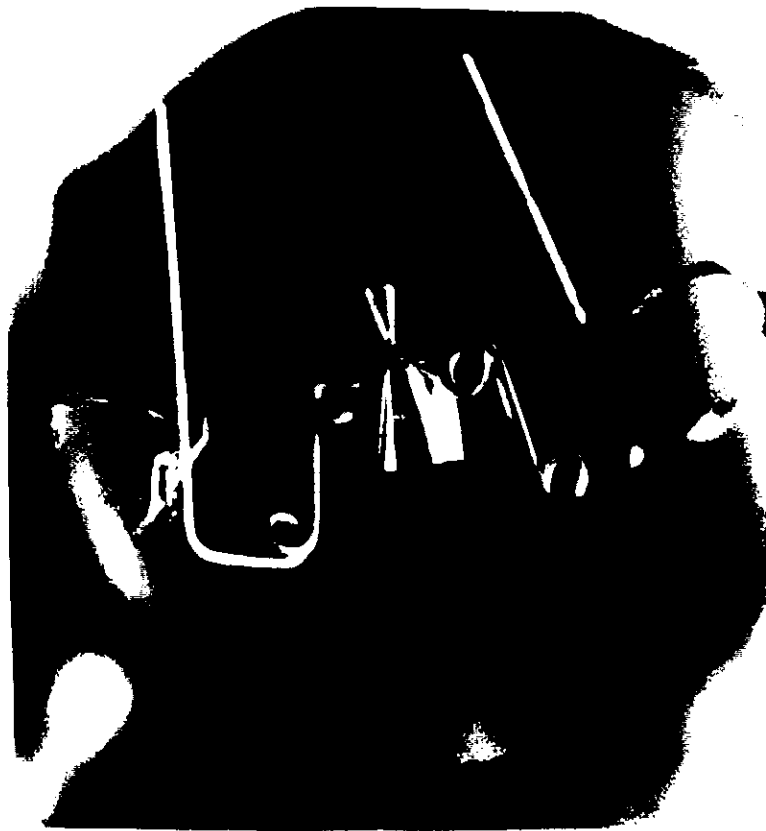


Fig 4.- Activación en el puente anterior realizada por un alicate de tres picos.

7.3 VARIABLES

7.3.1 Longitud del puente posterior

7.3.2 Profundidad de la activación en mm.

7.3.3 Ángulo de torsión corono lingual aplicada al aparato.

7.3.4 Expansión del aparato (distancia intermolar).

7.3.5 Fuerza de expansión que produce al aparato.

7.3.6 El torque producido por la fuerza de expansión.

7.3.7 El torque producido por la fuerza de torsión corono lingual aplicada al aparato.

7.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

7.4.1 INDEPENDIENTES

7.4.1.1 Longitud del puente posterior

7.4.1.2 Profundidad de la activación en mm.

7.4.1.3 El ángulo de torsión corono lingual aplicada al aparato.

7.4.1.4. El ángulo formado entre el puente palatino y el puente anterior (implica un aumento o una disminución de la distancia intermolar).

7.4.2 DEPENDIENTES

7.4.2.1 La fuerza de expansión o compresión lateral.

7.4.2.2 El torque producido por la fuerza de expansión.

7.4.2.3 El torque producido por la torsión corono lingual.

7.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

7.5.1 La fuerza producida por el quad-hélix varía proporcionalmente a la longitud de los puentes posteriores del aparato.

7.5.2 La fuerza producida por el aparato varía proporcionalmente de acuerdo a la profundidad del ángulo formado por la activación producida por el alicata de tres picos.

7.5.3 La fuerza producida por el aparato varía proporcionalmente de acuerdo a la torsión que se le proporcione.

8.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN

8.1 Los aparatos quad-hélix se elaboraron con alambre Elgiloy azul de la casa Rocky Mountain con un calibre de .038" o .97mm de diámetro.

8.2 Los aparatos quad-hélix fueron diseñados conforme al diagrama de la Fig 1.

8.3 Todos los aparatos fueron elaborados por el autor de la investigación.

8.4 El diámetro de las hélix fue de 2.5mm.

8.5 Las activaciones del aparato en el puente palatino anterior se realizaron a la mitad para estandarizar resultados.

8.6 La longitud del puente anterior fue de 13mm.

8.7 El tamaño de los puentes posteriores fue de 13, 18, 23 y 28 mm.

9.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

9.1 Todos los que no se ajusten a los criterios de inclusión mencionados

anteriormente.

Como se mencionó anteriormente para la recolección de la información, se diseñó una hoja que contuviera en una columna la fuerza aplicada del quad hélix expresada en gramos y cinco columnas adicionales, en cada una de las cuales se expresó la distancia intermolar para cada fuerza aplicada, esto con el objeto de tener una población muestral mínima y por último una columna adicional en donde se expresó el promedio aritmético de las distancias así medidas. (apéndice 1)

Con la tabla de valores de fuerza aplicada contra distancia de compresión promedio, se procedió a obtener una ecuación cuadrática en la distancia intermolar (esta se midió de la cara palatina de la soldadura de la banda del molar a la cara palatina contraria), dicha ecuación es una corrección a la Ley de Hooke, la cual estipula que la deformación es directamente proporcional a la elongación o compresión en el régimen lineal, esta forma cuadrática del tipo $F = ax^2 + bx + c$ se puede aplicar a todos los quad-hélix, variando solamente los coeficientes de x , que sería la variable compresión o la distancia intermolar.

El objetivo de encontrar una fórmula única que exprese la fuerza para cada compresión, activación y longitud del puente posterior, se logró mediante la siguiente metodología.

Se construyó una tabla de fuerzas en función de x , para cada activación, para cada uno de los cuatro quad hélix, que diferían en la longitud del puente posterior, como a continuación se muestra.

Si $L_p = L_{p1}$ (longitud del puente posterior), entonces:

$$F(a_0, x) = a_0^0 + a_1^0 x + a_2^0 x^2$$

$$F(a_1, x) = a_0^1 + a_1^1 x + a_2^1 x^2$$

$$F(a_2, x) = a_0^{II} + a_1^{II} x + a_2^{II} x^2$$

$$F(a_3, x) = a_0^{III} + a_1^{III} x + a_2^{III} x^2$$

$$F(a_4, x) = a_0^{IV} + a_1^{IV} x + a_2^{IV} x^2$$

$F(a_5, x) = a_0^V + a_1^V x + a_2^V x^2$, en donde $F(a_0, x)$ es la fuerza para un valor x de la distancia intermolar y a_0 es la activación; a_0^0, a_1^0 y a_2^0 son los coeficientes del polinomio cuadrático relacionado con este valor de

activación, los demás valores de activación son: a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 .

Considerando los valores de activación como variable independiente y los coeficientes a_0, a_1, a_2 , como variables dependientes en donde $i=0, I, II, III, IV$ y V , se construyeron tres polinomios que fueron los coeficientes en la nueva ecuación que expresa la fuerza en función de la activación arbitraria y de la elongación como sigue:

Si $L_p = L_{p_i}$

$$F(L_{p_i}, a, x) = P_0^i(a) + P_1^i(a)x + P_2^i(a)x^2$$

Por ejemplo, para un valor de activación igual a: a_4 , $P_0^I(a_4) = a_0^{IV}$, $P_1^I(a_4) = a_1^{IV}$, $P_2^I(a_4) = a_2^{IV}$ y entonces se reproduce la expresión para $F(a_4, x)$.

Después de esta etapa se construyó una tabla de la siguiente manera:

$$F(L_{p_1}, a, x) = P_0^I(a) + P_1^I(a)x + P_2^I(a)x^2$$

$$F(L_{p_2}, a, x) = P_0^{II}(a) + P_1^{II}(a)x + P_2^{II}(a)x^2$$

$$F(L_{p_3}, a, x) = P_0^{III}(a) + P_1^{III}(a)x + P_2^{III}(a)x^2$$

$$F(L_{p_4}, a, x) = P_0^{IV}(a) + P_1^{IV}(a)x + P_2^{IV}(a)x^2$$

Aquí se puede ver que la fuerza tiene la misma fórmula cuadrática general, solo que el término libre, el que multiplica a x , y el que multiplica a x^2 son polinomios de quinto grado en la activación, puesto que cada polinomio se ajustó con seis valores de activación: a_0, a_1, \dots, a_5 .

Ahora bien, cada coeficiente que multiplica a a^n , teniendo que $n=0, 1, 2, 3, 4$ y 5 en el polinomio anterior, se sustituyó por un polinomio de grado tres, en L_p (longitud del puente posterior), el grado del polinomio es tres, porque se usaron cuatro quad-hélix, de modo que cuando se emplean valores de $L_p = 13, 18, 23$ y 28 mm, se recuperan las fórmulas de los quad hélix 9, 10, 11 y 12 (Ver apéndice 1 recolección de datos), obteniéndose de esta forma, la fórmula general que da la fuerza (apéndice 2).

Para realizar los cálculos antes descritos se utilizó el programa denominado mathematica⁴⁶ y se hizo un ajuste por mínimos cuadrados.

Para calcular la fuerza de torsión, debido a la expansión del aparato, se multiplicó la fuerza ya obtenida por la distancia medida de la corona clínica del molar superior al centro de resistencia del mismo, el cual se tomó de los promedios establecidos en el texto de Berkovitz³⁷. Esta distancia lógicamente varía con cada paciente debido a la anatomía particular de cada uno de ellos.

Se sabe que existe otro torque producido por la torsión que se aplica sobre el puente posterior o palatino del aparato, apoyándose en la corona clínica del molar. Este torque deberá sumarse vectorialmente con el torque producido por la fuerza de expansión descrita anteriormente.

La metodología usada para evaluar este último torque fue la siguiente:

1.- Se soldaron alambres de longitud similar a los puentes posteriores de los cuatro quad hélix que al final se había establecido como parámetro, los cuales son de 13, 18, 23 y 28mm a dos barras rectangulares perpendicularmente en forma de H (Fig 5), una de las cuales se fijó a un soporte y la otra se colocó horizontalmente en la posición 0° de un transportador circular, la cual se hizo girar mediante dos dinamómetros atados a los extremos de la barra a una distancia de una pulgada (2.54cm) al centro de dicha barra, midiéndose el ángulo obtenido al aplicar una fuerza determinada en gramos,³⁸ esto con el objeto de que el ángulo que nosotros reproducimos experimentalmente, coincida con el ángulo medido al efectuar una torsión en el quad-hélix colocado en el paciente (Fig 6).

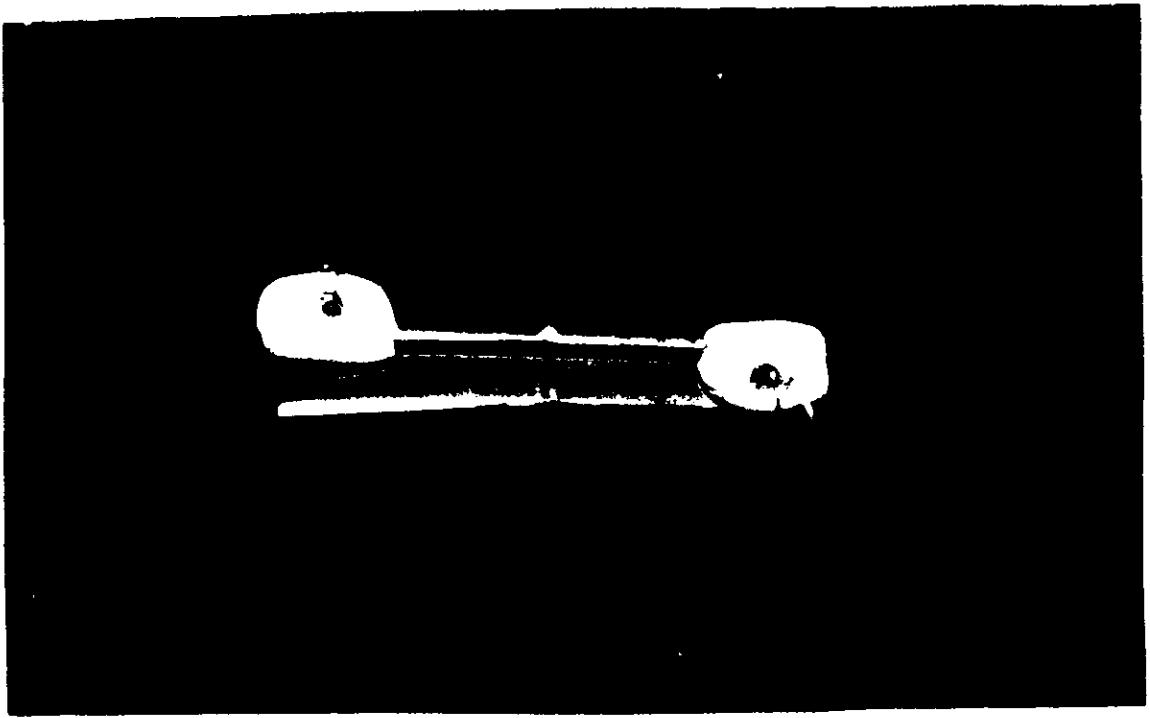


Fig. 5. Se observa una varilla de alambre blue elgiloy soldado a dos barras de acero transversales para producir el efecto de la torsión sobre el alambre. Vista en perspectiva.

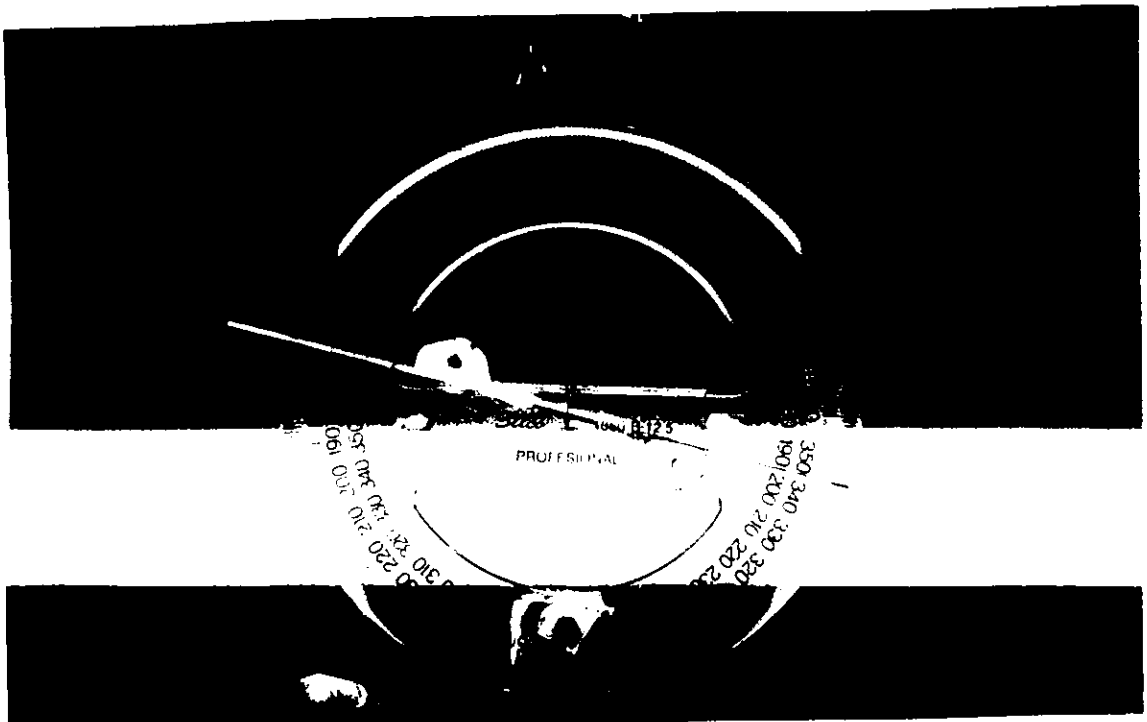


Fig. 6. En esta figura se observa el ángulo de giro producido por el par de fuerzas aplicado a un segmento de alambre blue algiloy. Vista frontal.

10.- RECURSOS

10.1 RECURSOS HUMANOS

1 Investigador

1 Tutor

1 Asesor del Instituto de Física de la UNAM

1 Asesor de Materiales Dentales de la División de Posgrado e Investigación de la FO de la UNAM

10.2.- RECURSOS MATERIALES

1 Alicata de tres picos marca ETM 200

2 Dinamómetros manuales del Centro de Instrumentos del Instituto de Física

4 Tubos de alambre Elgiloy Azul marca Rocky Mountain E-304

1 Alicata Pico de Pájaro ETM 139

1 Alicata para formar arcos ETM 810S

1 Alicata de How recto ETM 110

1 Alicata de corte (Belzer) catálogo RM i-267

1 Marcador para alambre

1 Calímetro de Boley

1 Soplete

1 Paquete de Flux

1 Rollo de soldadura de plata

1 Paquete de hojas para computadora

1 Computadora personal Acer 433S

1 Impresora Citizen GSX-10

11.- DISEÑO ESTADÍSTICO

Debido al tipo de estudio que se realizó y al manejo de pruebas matemáticas de ajuste de curvas con mínimos cuadrados, no se requirió utilizar alguna prueba estadística adicional, tomando en consideración que las activaciones se realizaron en un quad-hélix de cada tamaño sin cambiar de quad-hélix.

RESULTADOS

Con una tabla de valores de fuerza aplicada contra distancia de compresión promedio, se obtuvo una ecuación cuadrática en la distancia intermolar, que se pueda aplicar a todos los quad-hélix, variando los coeficientes de x , que sería la variable compresión o la distancia intermolar, esto, con el objeto de encontrar una fórmula única que expresara la fuerza para cada compresión, activación y longitud de puente posterior (ya que la longitud del puente anterior estaba previamente determinada) de cada quad-hélix.

Se obtuvo posteriormente una tabla de fuerzas en función de x , para cada activación, para cada uno de los cuatro quad-hélix, que diferían en la longitud del puente posterior, como sigue:

$F(a_0, x) = a_0^0 + a_1^0 x + a_2^0 x^2$ (Ver apéndice 1 en hojas de recolección de datos la fórmula al pie de las tablas)

Tomando en consideración los valores de activación de cada quad-hélix como variable independiente, y los coeficientes a_0, a_1, a_2 , como variables dependientes, en donde $i=0, I, II, III, IV$ y V .

Se obtuvieron los polinomios³⁶ que fueron los coeficientes en una nueva ecuación que expresara la fuerza en función de la activación arbitraria y de la elongación, y que a continuación se expresa de la siguiente manera:

$F(L_{p1}, a, x) = P_0^1(a) + P_1^1(a)x + P_2^1(a)x^2$ (Ver tabla 1)

Posteriormente, se obtuvo una tabla para cada uno de los quad-hélix, en donde se pudo observar que la fuerza tiene la misma fórmula cuadrática general, solo que el término libre, el que multiplica a x , y el que multiplica a x^2 , fueron polinomios de quinto grado en la activación, debido a que cada uno de estos polinomios se ajustó con seis valores de activación partiendo de a_0 (reposo) hasta a_5 .³⁶

Como último paso, se obtuvo a partir de los procedimientos anteriores la fórmula general que da la fuerza para el quad-hélix. (apéndice 2)

Por otra parte, se obtuvo la fuerza de torsión, multiplicando la fuerza obtenida por la distancia medida de la corona clínica del primer molar superior, al centro de resistencia del mismo, el cual como se mencionó anteriormente en la metodología, se tomó de los promedios establecidos por Berkovitz³⁷. Es preciso comentar que la distancia varía con cada paciente debido a la particular anatomía de cada uno de ellos.

El torque producido por la torsión que se aplica sobre el puente posterior, debe sumarse vectorialmente con el torque producido por la fuerza de expansión.

Los resultados que se obtuvieron se plasmaron en tablas como las que a continuación se presentan, teniendo como orden primero las tablas de fuerza de expansión (tabla 1 a 4), después las tablas de torque producido por la expansión (tablas 5 y 6) y por último las tablas de torque producido por la torsión (tabla 7 a 10), así como las gráficas correspondientes a los cuatro tamaños de quad-hélix.

Al final se anexan las hojas de recolección de datos, para la fuerza de expansión, titulados como apéndice I.

Tabla 1

FUERZA DE EXPANSIÓN
L=13mm
Lp=13mm

	a=0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
X=25	496.21	859.46	855.17	819.62	941.69	1262.3	1674.1	1920.7	1596.3		
25.5	418	730.38	759.01	746.33	854.46	1139.4	1525.6	1779.7	1485.3		
26	344.43	610.39	667.82	675.41	770.72	1022.6	1383.7	1642.9	1377.5		
26.5	275.5	499.49	581.6	606.85	690.47	911.86	1248.6	1510.3	1272.9		
27	211.21	397.68	500.36	540.66	613.7	807.16	1120.1	1382.1	1171.5		
27.5	151.56	304.96	424.08	476.83	540.42	708.52	998.41	1258.1	1073.4		
28	96.546	221.33	352.78	415.36	470.62	615.95	883.38	1138.3	978.45		
28.5	46.174	146.79	286.45	356.27	404.31	529.44	775.05	1022.9	886.72		
29	0.44233	81.333	225.1	299.53	341.49	449.12	673.42	911.65	798.21		
29.5		24.97	168.71	245.17	282.15	374.61	578.5	804.7	712.9		
30			117.3	193.16	226.3	306.29	490.28	702.01	630.82		
30.5			70.858	143.53	173.94	244.04	408.77	603.59	551.94		
31			29.391	96.253	125.06	187.84	333.96	509.42	476.27		
31.5				51.345	79.666	137.71	265.85	419.52	403.82		
32				8.8023	37.76	93.646	204.45	333.88	334.58		
32.5						55.642	149.74	252.51	268.56	11.402	
33						23.702	101.75	175.39	205.75	138.6	
33.5							60.454	102.54	146.15	282.81	702.73
34							25.864	33.954	89.758	444.04	1572.1
34.5									36.583	622.28	2512.9
35										817.54	3525.2

a=activación en mm

L=longitud del puente anterior

Lp=longitud del puente posterior

x=distancia intermolar

A partir de la segunda columna se muestra la fuerza de expansión correspondiente a cada valor de activación, relacionando la primera columna de la izquierda en donde x=distancia intermolar, esto es que por ej: tenemos una activación de 1mm en donde la distancia intermolar es de 30mm, la fuerza que se producirá será de 226.3gr.(igual para tablas 2,3 y 4)

Tabla 2

FUERZA DE EXPANSIÓN
L=13mm
Lp=18mm

	a=0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
X=25											
25.5											
26											
26.5											
27											
27.5											
28	706.62		858.31	1198.5	916.6	565.36	832.44	1884.7	2712.6	474.96	
28.5	559.32		789.36	1100.5	868.9	578.54	825.34	1751.5	2479.9	547.55	
29	428.42		721.04	1004.7	820.18	586.52	814.24	1622.9	2258.5	610.49	
29.5	313.9		653.35	911.13	770.45	589.31	799.16	1498.8	2048.5	663.76	
30	215.78		586.31	819.89	719.71	586.92	780.09	1379.3	1850.1	707.36	
30.5	134.05		519.9	730.93	667.94	579.33	757.04	1264.2	1662.8	741.31	
31	68.703		454.12	644.25	615.17	566.55	730.08	1153.7	1487.1	765.59	
31.5	19.751		388.99	559.85	561.37	548.59	698.97	1047.7	1322.7	780.2	
32			324.48	477.73	506.56	525.43	663.95	946.15	1169.7	785.16	
32.5			260.62	397.9	450.74	497.08	624.95	849.17	1028.1	780.45	
33			197.39	320.34	393.9	463.55	581.96	756.7	897.93	766.07	
33.5			134.79	245.06	336.04	424.82	534.98	668.75	779.14	742.04	328.41
34			72.834	172.06	277.17	380.9	484.02	585.32	671.74	708.34	628.38
34.5			11.511	101.34	217.28	331.79	429.06	506.41	575.74	664.98	819.49
35				32.904	156.38	277.5	370.12	432.02	491.14	611.95	901.72
35.5					94.456	218.01	307.2	362.14	417.93	549.26	875.09
36					31.52	153.33	240.28	296.78	356.12	476.91	739.58
36.5						83.462	169.38	235.95	305.7	394.89	495.2
37						8.404	94.495	179.62	266.68	303.22	141.95
37.5							15.62	127.82	239.06	201.87	
38								80.537	222.83	90.868	
38.5								37.77	218		
39									224.56		
39.5									242.52		
40									271.87		

a=activación en mm
L=longitud del puente anterior
Lp=longitud del puente posterior
x=distancia intermolar

Tabla 3

FUERZA DE EXPANSIÓN

L=13mm Lp=23mm

	a=0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
X=24	436.26		795.56	1438.4	1627.1	1709.7	1995.5	2108.9	344.24		
24.5	402.26		758.61	1370.5	1558.5	1647.9	1925.9	2037.6	381.11		
25	371.28		722.09	1303.9	1491.1	1586.7	1857.1	1967.1	415.65		
25.5	341.31		686.1	1238.6	1424.8	1526.1	1788.8	1897.5	447.85		
26	312.35		650.33	1174.6	1359.6	1466.1	1721.4	1828.8	477.72		
26.5	284.41		615.1	1111.9	1295.4	1406.7	1654.7	1760.9	505.25		
27	257.48		580.3	1050.5	1232.4	1348.1	1588.7	1693.9	530.44		
27.5	231.57		545.93	990.41	1170.4	1289.8	1523.4	1627.8	553.31		
28	206.67		511.98	931.61	1109.5	1232.3	1458.8	1562.5	573.83		
28.5	182.78		478.47	874.11	1049.7	1175.3	1394.9	1498.1	592.02		
29	159.9		445.38	817.91	990.95	1119.1	1331.8	1434.6	607.88		
29.5	138.04		412.72	763.01	933.31	1063.2	1269.4	1371.9	621.4		
30	117.19		380.5	709.42	876.76	1008.1	1207.7	1310.1	632.59		
30.5	97.357		348.7	657.12	821.3	953.6	1146.7	1249.2	641.44		
31	78.536		317.33	606.12	766.92	899.68	1086.4	1189.2	647.96		
31.5	60.728		286.39	556.42	713.63	846.37	1026.9	1130.1	652.14		
32	43.933		255.88	508.02	661.42	793.67	968.02	1071.7	653.99		
32.5	28.152		225.8	460.92	610.3	741.57	909.89	1014.2	653.5		
33	13.384		196.15	415.12	560.27	690.08	852.49	957.65	650.68		
33.5			166.92	370.62	511.32	639.2	795.8	901.94	645.52		
34			138.13	327.42	463.46	588.92	739.83	847.11	638.03		
34.5			109.77	285.52	416.68	539.24	684.58	793.14	628.2		
35			81.832	244.92	370.99	490.18	630.04	740.04	616.04		
35.5			54.326	205.62	326.39	441.72	576.22	687.82	601.54		
36			27.25	167.62	282.87	393.87	523.12	636.46	584.71		
36.5			0.60274	130.92	290.44	346.62	470.73	585.97	565.54		
37				95.52	199.1	299.98	419.06	536.35	544.04		
37.5				61.42	158.84	253.94	368.11	487.6	520.2		
38				28.619	119.66	208.51	317.87	439.72	494.03		
38.5					81.578	163.69	268.35	392.7	465.52		
39					44.577	119.47	219.55	346.56	434.68		
39.5					8.6629	75.864	171.46	301.29	401.5		
40						32.86	124.09	256.88	365.99		
40.5							77.441	213.34	328.14		
41							31.506	170.68	287.96		
41.5								128.88	245.44		
42								87.951	200.59		
42.5								47.891	153.41		
43								8.7009	103.88		
43.5									52.027		

a=activación en mm

L=longitud del puente anterior Lp=longitud del puente posterior

x=distancia intermolar

Tabla 4

FUERZA DE EXPANSIÓN

L=13mm Lp=28mm

	a=0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
X=23	316.47		519.22	788.13	846.98	1034.3	1823.1	3545.8	6120.01	8773.6	9770.0
23.5	306.21		510.69	769.74	825.28	1005.7	1768.8	3437.5	5934.2	8516.4	9511.6
24	295.73		501.85	751.34	803.73	977.28	1715.3	3330.8	5751.2	8263.1	9256.7
24.5	285.03		492.71	732.93	782.32	949.21	1662.5	3225.7	5571.2	8013.7	9005.1
25	274.11		483.26	714.53	761.06	921.43	1610.4	3122.3	5394.01	7768.2	8756.9
25.5	262.97		473.51	696.11	739.94	893.96	1559.1	3020.5	5219.7	7526.7	8512.2
26	251.62		463.46	677.7	718.97	866.78	1508.5	2920.4	5048.3	7289.01	8270.8
26.5	240.04		453.1	659.28	698.14	839.91	1458.7	2821.9	4879.8	7055.3	8032.9
27	228.24		442.44	640.86	677.46	813.34	1409.5	2725.1	4714.2	6825.4	7798.4
27.5	216.21		431.47	622.44	656.92	787.06	1361.2	2629.7	4551.5	6599.5	7567.2
28	203.97		420.2	604.01	636.53	761.09	1313.5	2536.1	4391.7	6377.5	7339.5
28.5	191.51		408.63	585.57	616.28	735.42	1266.6	2444.1	4234.7	6159.4	7115.2
29	178.83		396.75	567.14	596.18	710.05	1220.4	2353.8	4080.7	5945.3	6894.3
29.5	165.92		384.57	548.7	576.22	684.98	1175.1	2265.01	3929.5	5735.01	6676.8
30	152.81		372.08	530.25	556.41	660.21	1130.7	2178.01	3781.3	5528.6	6462.7
30.5	139.46		359.29	511.81	536.74	635.73	1086.3	2092.5	3635.9	5326.2	6252.0
31	125.9		346.2	493.36	517.21	611.56	1043.1	2008.7	3493.4	5127.7	6044.7
31.5	112.12		332.8	474.9	497.83	587.69	1000.5	1926.5	3353.9	4933.01	5840.9
32	98.111		319.1	456.44	478.6	564.13	958.78	1846.01	3217.2	4742.01	5640.4
32.5	83.887		305.1	437.98	459.51	540.86	917.75	1767.1	3083.4	4555.5	5443.3
33	69.442		290.79	419.52	440.57	517.89	877.89	1689.8	2952.5	4372.7	5249.7
33.5	54.777		276.17	401.05	421.77	495.22	837.89	1614.1	2824.4	4193.7	5059.4
34	39.891		261.26	382.57	403.11	472.85	799.07	1540.1	2699.3	4018.6	4872.6
34.5	24.785		246.03	364.1	384.6	450.78	760.98	1467.8	2577.1	3847.5	4689.2
35	9.4589		230.51	345.62	366.24	429.02	723.62	1397.01	2457.7	3680.2	4509.1
35.5			214.68	327.13	348.02	407.55	687.01	1327.9	2341.3	3516.9	4332.5
36			198.55	308.65	329.94	386.38	651.12	1260.4	2227.7	3357.5	4159.3
36.5			182.11	290.16	312.01	365.52	615.97	1194.6	2117.1	3202.01	3989.5
37			165.37	271.66	294.22	344.95	581.56	1130.4	2009.3	3050.4	3823.1
37.5			148.32	253.16	276.58	324.69	547.88	1067.8	1904.4	2902.7	3660.1
38			130.97	234.66	259.09	304.72	514.94	1006.9	1802.4	2759.01	3500.5
38.5			113.32	216.16	241.73	285.06	482.73	947.59	1703.3	2619.1	3344.3
39			95.362	197.65	224.53	265.69	451.26	889.92	1607.1	2483.2	3191.6
39.5			77.101	179.14	207.47	246.63	420.53	833.89	1513.8	2351.2	3042.2
40			58.536	160.62	190.55	227.87	390.52	779.49	1423.4	2223.01	2896.2
40.5			39.667	142.1	173.78	209.4	361.26	726.72	1335.8	2098.8	2753.7
41			20.494	123.57	157.15	191.24	332.73	675.59	1251.2	1978.5	2614.6
41.5			1.0171	105.05	140.67	173.38	304.93	626.1	1169.4	1862.2	2478.8
42				86.517	124.33	155.82	277.88	578.24	1090.6	1749.7	2346.5
42.5				67.982	108.14	138.56	251.55	532.01	1014.6	1641.1	2217.6
43				49.444	92.088	121.6	225.96	487.41	941.55	1536.5	2092.0
43.5				30.902	76.185	104.94	201.11	444.45	871.37	1435.8	1969.9

	a=0	0.25	hoja 2 0.5	L=28 0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
44				12.356	60.426	88.577	176.99	403.13	804.08	1338.9	1851.2
44.5					44.813	72.517	153.61	363.44	739.67	1246.0	1735.9
45					29.344	56.758	130.96	325.38	678.17	1157.0	1624.0
45.5					14.02	41.299	109.05	288.96	619.55	1071.9	1515.6
46						26.14	87.877	254.17	563.82	990.77	1410.5
46.5						11.282	67.436	221.01	510.99	913.51	1308.8
47							47.731	189.49	461.05	840.16	1210.5
47.5							28.761	159.61	414.0	770.72	1115.7
48							10.527	131.35	369.84	705.2	1024.2
48.5								104.74	328.57	643.58	936.19
49								79.752	290.2	585.88	851.55
49.5								56.402	254.71	532.09	770.32
50								34.686	222.12	482.21	692.5
50.5								14.605	192.42	436.24	618.08
51									165.61	394.19	547.07
51.5									141.7	356.05	479.47
52									120.67	321.81	415.27
52.5									102.54	291.49	354.48
53									87.295	265.09	297.1
53.5									74.945	242.59	243.12
54									65.486	224.01	192.56
54.5									58.918	209.34	145.39
55									55.243	198.58	101.64
55.5									54.459	191.73	61.288
56									56.566	188.79	24.345
56.5									61.566	189.77	
57									69.457	194.65	

a=activación en mm

L=longitud del puente anterior

Lp=longitud del puente posterior

x=distancia intermolar

TORSIÓN Tabla 5

Brazo de palanca = r(cm) _____
 Lp=13mm _____

r=2.54cm _____
 Torsión _____

F(r=2.54cm)	θ	θ	θ	θ	θ	<θ>	F(r=1cm)
0	0	0	0	0	0	0	0
50	2	2	3	2.5	2.5	2.4	127
100	5	5	5.5	5.5	5.5	5.3	254
150	9	9	9	9	9	9	381
200	12	12	12	11	12	11.8	508
250	15.5	15.5	15	16	15.5	15.5	635

$$F(\theta) = (9.37558 + 59.0962 \theta - 0.555256 \theta^2) \times 0.8$$

r(cm)

Brazo de palanca =r(cm) _____
 Lp=18mm _____

r=2.54cm _____
 Torsión _____

F(r=2.54cm)	θ	θ	θ	θ	θ	<θ>	F(r=1cm)
0	0	0	0	0	0	0	0
50	2.5	3	3	3	3	2.9	127
100	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	254
150	11.5	11	11	11	11	11	381
200	14	14	15	14	15	14.4	508
250	18	18	18	18	18.5	18.1	635

$$F(\theta) = (13.012 + 45.7776 \theta - 0.166577 \theta^2) \times 0.8$$

r(cm)

Brazo de palanca =r(cm) _____
 Lp=23mm _____

r=2.54cm _____
 Torsión _____

F(r=2.54cm)	θ	θ	θ	θ	θ	<θ>	F(r=1cm)
0	0	0	0	0	0	0	0
50	3.5	5	4	4	4	4	127
100	9	9	10	9	9.5	9.3	254
150	14	15	15	15	15	14.8	381
200	20	20	20	20	20	20	508
250	25	25	25	25	25	25	635

$$F(\theta) = (11.2149 + 33.3582 \theta - 0.0919195 \theta^2) \times 0.8$$

r(cm)

Lp=longitud del puente posterior

Tabla 7

TORQUE DE TORSIÓN

Lp=13

gr-cm

	r=.5	.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0
$\theta=0^\circ$	-7.449	-4.966	-3.725	-2.98	-2.483	-2.128	-1.862
1°	92.39	61.59	46.19	36.95	30.8	26.4	23.1
2°	190.0	126.7	94.99	76.0	63.33	54.28	47.5
3°	190.0	126.7	94.99	76.0	63.33	54.28	47.5
4°	378.5	252.3	189.3	151.4	126.2	108.1	94.63
5°	469.4	312.9	234.7	187.8	156.5	134.1	117.4
6°	558.1	372.1	279.0	223.2	186.0	159.5	139.5
7°	644.5	429.7	322.3	257.8	214.8	184.2	161.1
8°	728.8	485.8	364.4	291.5	242.9	208.2	182.2
9°	810.8	540.5	405.4	324.3	270.3	231.6	202.7
10°	890.5	593.7	445.3	356.2	296.8	254.4	222.6
11°	968.0	645.4	484.0	387.2	322.7	276.6	242.0
12°	1043.0	695.6	521.7	417.3	347.8	298.1	260.8
13°	1116.0	744.3	558.2	446.6	372.1	319.0	279.1
14°	1187.0	791.5	593.6	474.9	395.7	339.2	296.8
15°	1256.0	837.2	627.9	502.3	418.6	358.8	314.0
16°	1322.0	881.5	661.1	528.9	440.7	377.8	330.6
17°	1386.0	924.2	693.2	554.5	462.1	396.1	346.6
18°	1448.0	965.5	724.1	579.3	482.8	413.8	362.1
19°	1508.0	1005.0	754.0	603.2	502.7	430.8	377.0
20°	1565.0	1044.0	782.7	626.2	521.8	447.3	391.4

r=brazo de palanca (medido en cm)

Lp=longitud del puente posterior (medida en mm)

 θ =grados de torsión

El brazo de palanca, se midió de la cara palatina de la banda del molar soldada al brazo lateral del Quad Hélix, en dirección perpendicular al puente palatino posterior del aparato.

Como ejemplo para utilizar ésta tabla, supongamos que $r=1$ cm, con un Quad Hélix de longitud de puente posterior de 13mm y una angulación de 10° , lo cual nos produce un torque de torsión de 445.3 gr-cm.

Tabla 8

TORQUE DE TORSIÓN

$L_p=18\text{mm}$

gr-cm

	r=.5	.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0
$\theta=0^\circ$	20.64	13.76	10.32	8.257	6.88	5.898	5.16
1°	93.62	62.41	46.81	37.45	31.21	26.75	23.4
2°	166.1	110.7	83.03	66.43	55.35	47.45	41.52
3°	238	158.6	119.0	95.19	79.32	67.99	59.49
4°	309.4	206.2	154.7	123.7	103.1	88.39	77.34
5°	380.2	253.5	190.1	152.1	126.7	108.6	95.05
6°	450.5	300.3	225.3	180.2	150.2	128.7	112.6
7°	520.3	346.9	260.1	208.1	173.4	148.7	130.1
8°	589.5	393.0	294.8	235.8	196.5	168.4	147.4
9°	658.2	438.8	329.1	263.3	219.4	188.1	164.6
10°	726.4	484.3	363.2	290.6	242.1	207.5	181.6
11°	794.1	529.4	397.0	317.6	264.7	226.9	198.5
12°	861.2	574.1	430.6	344.5	287.1	246.0	215.3
13°	927.7	618.5	463.9	371.1	309.2	265.1	231.9
14°	993.8	662.5	496.9	397.5	331.3	283.9	248.4
15°	1059.0	706.2	529.7	423.7	353.1	302.7	264.8
16°	1124	749.5	562.1	449.7	374.8	321.2	281.1
17°	1189	792.5	594.4	475.5	396.2	339.6	297.2
18°	1253	835.1	626.3	501.1	417.5	357.9	313.2
19°	1316	877.3	658	526.4	438.7	376	329
20°	1379	919.2	689.4	551.5	459.6	394	344.7

r=brazo de palanca (medida en cm)

L_p =longitud del puente posterior (medida en mm)

θ =grados de torsión

Tabla 9

TORQUE DE TORSIÓN

$L_p=23\text{mm}$

gr-cm

	$r=.5$.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0
$\theta=0^\circ$	1.702	1.135	0.8512	0.681	0.5675	0.4864	0.4256
1°	59.76	39.84	29.88	23.91	19.92	17.08	14.94
2°	117.7	78.44	58.83	47.07	39.22	33.62	29.42
3°	175.4	116.9	87.71	70.17	58.47	50.12	43.85
4°	233	155.3	116.5	93.2	77.67	66.57	58.25
5°	290.4	193.6	145.2	116.2	96.81	82.98	72.61
6°	347.7	231.8	173.9	139.1	115.9	99.35	86.93
7°	404.8	269.9	202.4	161.9	134.9	115.7	101.2
8°	461.8	307.9	230.9	184.7	153.9	131.9	115.4
9°	518.6	345.7	259.3	207.4	172.9	148.2	129.6
10°	575.2	383.5	287.6	230.1	191.7	164.4	143.8
11°	631.7	421.2	315.9	252.7	210.6	180.5	157.9
12°	688.1	458.7	344.0	275.2	229.4	196.6	172
13°	744.2	496.2	372.1	297.7	248.1	212.6	186.1
14°	800.3	533.5	400.1	320.1	266.8	228.6	200.1
15°	856.1	570.8	428.1	342.5	285.4	244.6	214.0
16°	911.8	607.9	455.9	364.7	303.9	260.5	228.0
17°	967.4	644.9	483.7	387.0	322.5	276.4	241.8
18°	1023.0	681.9	511.4	409.1	340.9	292.2	255.7
19°	1078.0	718.7	539.0	431.2	359.3	308.8	269.5
20°	1133.0	755.4	566.5	453.2	377.7	323.7	283.3

r =brazo de palanca (medido en cm)

L_p =longitud del puente posterior

θ =grados de torsión

Tabla 10

TORQUE DE TORSIÓN

$L_p=28\text{mm}$

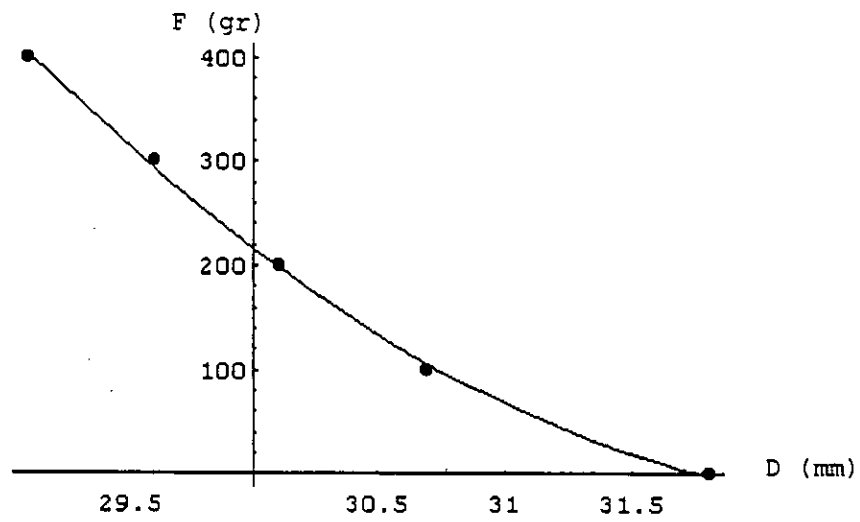
gr-cm

	$r=.5$.75	1	1.25	1.5	1.75	2.0
$\theta=0^\circ$	30.76	20.5	15.38	12.3	10.25	8.788	7.689
1°	80.76	53.84	40.38	32.3	26.92	23.07	20.19
2°	130.4	86.93	65.19	52.16	43.46	37.25	32.6
3°	179.6	119.8	89.82	71.86	59.88	51.33	44.91
4°	228.5	152.4	114.3	91.41	76.18	65.3	57.13
5°	277.1	184.7	138.5	110.8	92.35	79.16	69.26
6°	325.2	216.8	162.6	130.1	108.4	92.91	81.3
7°	373.0	248.6	186.5	149.2	124.3	106.6	93.24
8°	420.4	280.3	210.2	168.2	140.1	120.1	105.1
9°	467.4	311.6	233.7	187.0	155.8	133.5	116.9
10°	514.1	342.7	257.0	205.6	171.4	146.9	128.5
11°	560.4	373.6	280.2	224.01	186.8	160.1	140.1
12°	606.3	404.2	303.1	242.5	202.1	173.2	151.6
13°	651.8	434.5	325.9	260.7	217.3	186.2	163.0
14°	697.0	464.7	348.5	278.8	232.3	199.1	174.2
15°	741.8	494.5	370.9	296.7	247.3	211.9	185.5
16°	786.2	524.2	393.1	314.5	262.1	224.6	196.6
17°	830.3	553.5	415.1	332.1	276.8	237.2	207.6
18°	874.0	582.7	437.0	349.6	291.3	249.7	218.2
19°	917.3	611.5	458.7	366.9	305.8	262.1	229.3
20°	960.3	640.2	480.1	384.1	320.1	274.4	240.1

r =brazo de palanca (medido en cm)

L_p =longitud del puente posterior

θ =grados de torsión

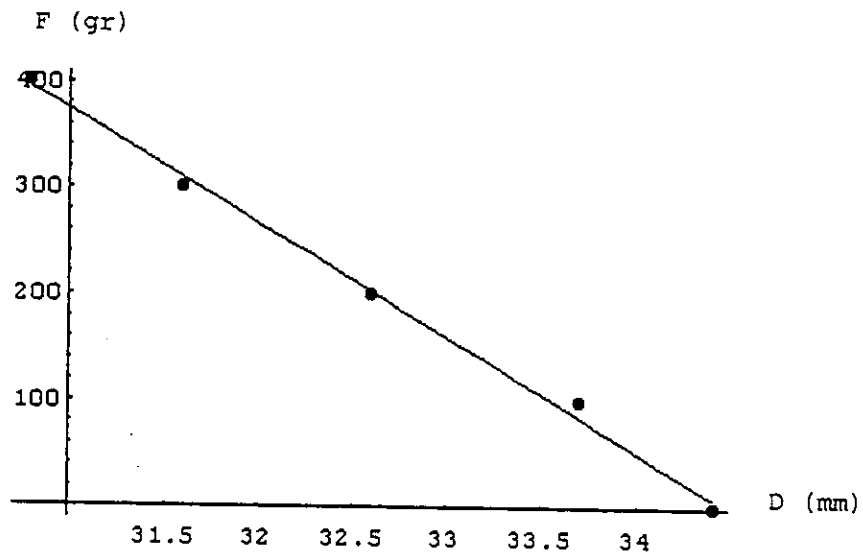


QH 9-0

QH 9-0

Fuerza de expansión debida a la compresión aplicada al quad-hélix contra la distancia intermolar. Se observa un comportamiento no lineal. La longitud del puente posterior: 13mm para la serie QH9.

Valor de la activación: 0mm

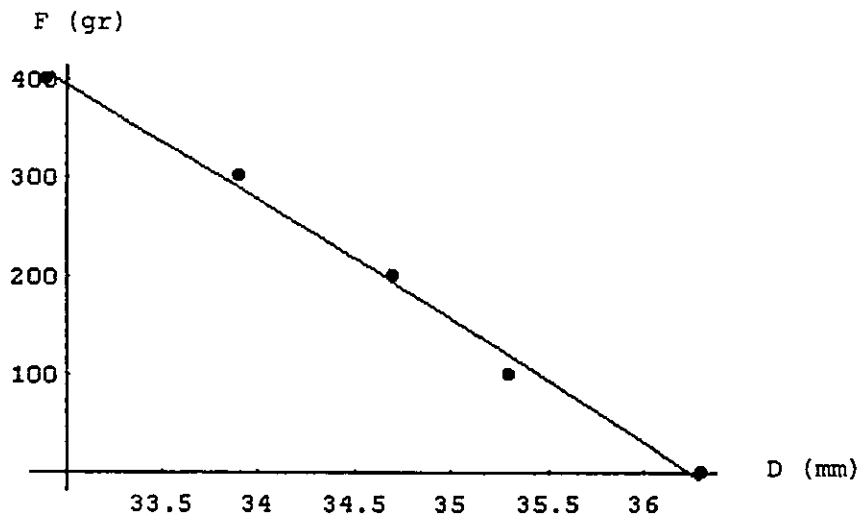


QH 9-1

QH 9-1

En esta gráfica se observa un comportamiento lineal de la fuerza de expansión como función de la distancia intermolar.

Valor de la activación: 0.44mm

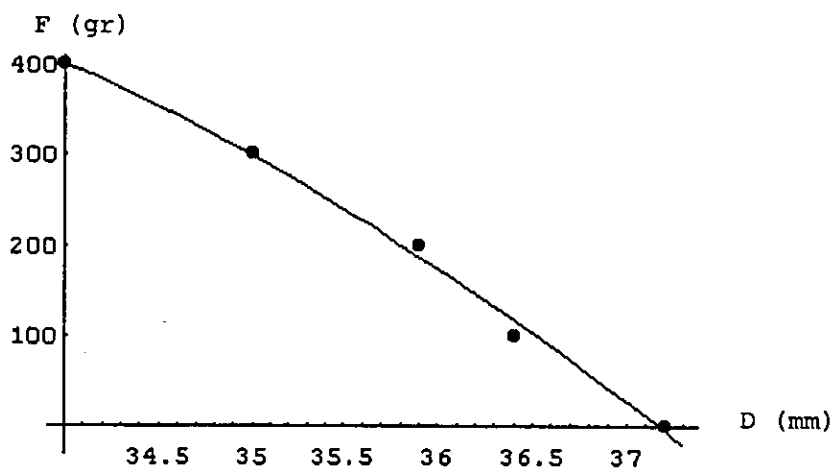


QH 9-2

QH 9-2

El quad-hélix obedece la ley de Hooke, en el rango considerado.

Valor de la activación: 1mm

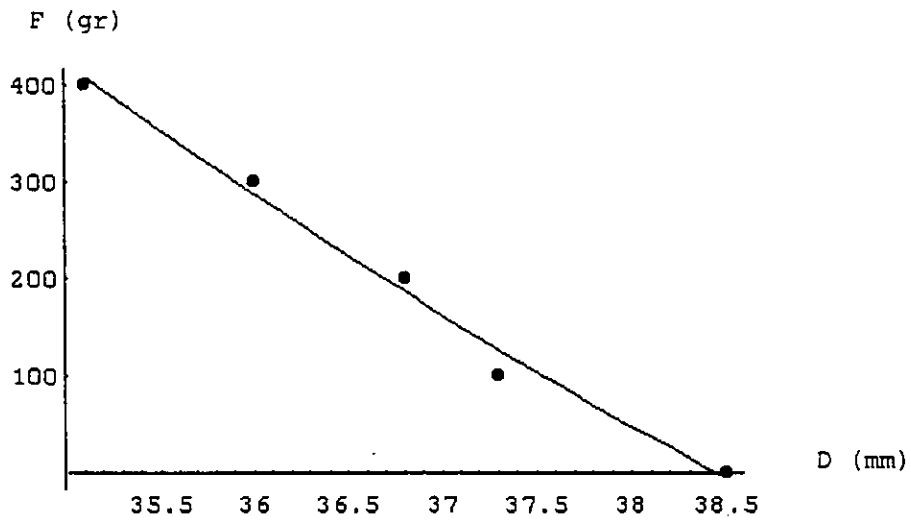


QH 9-3

QH 9-3

Se observa una curva negativa en la forma de la gráfica.

Valor de la activación: 1.3mm

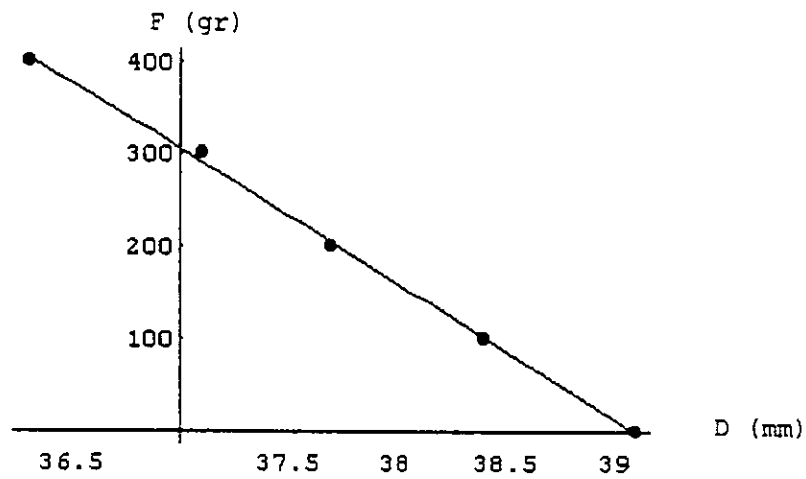


QH 9-4

QH 9-4

Se aprecia una dispersión pequeña.

Valor de la activación: 1.7mm

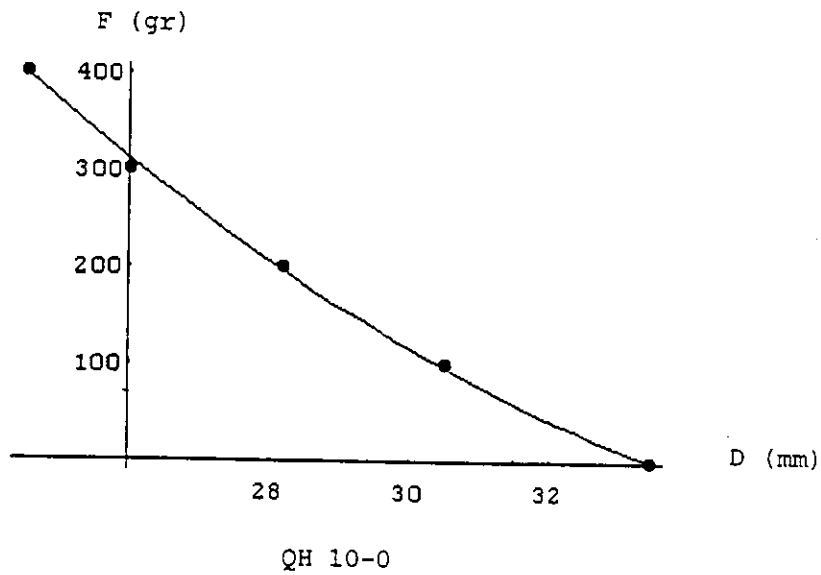


QH 9-5

QH 9-5

Dispersión mínima, comportamiento lineal; la constante elástica es de 14.2 gr/mm.

Valor de la activación: 2.2mm

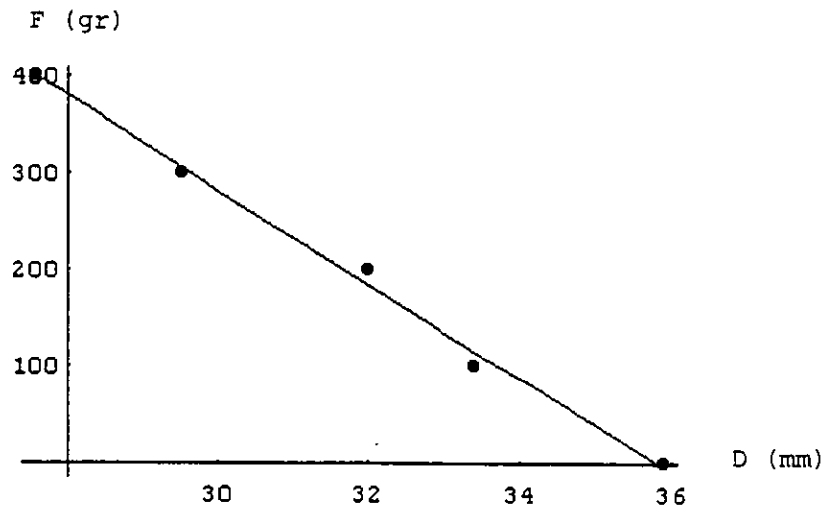


QH 10-0

La longitud del puente posterior en la serie QH 10 es de 18mm .

El comportamiento de la gráfica es no lineal y existe poca dispersión de los puntos experimentales alrededor de la curva ajustada.

Valor de la activación: 0mm

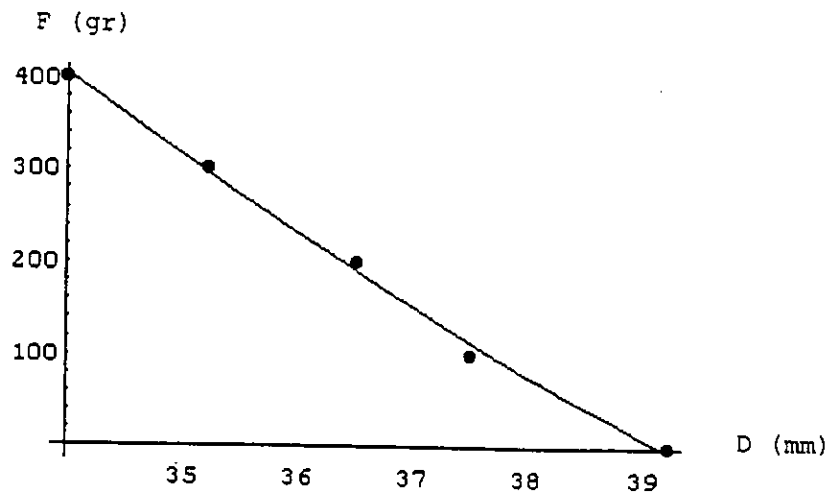


QH 10-1

QH 10-1

El comportamiento lineal y el valor de la constante elástica es de 50gr/mm

Valor de la activación: 0.44mm

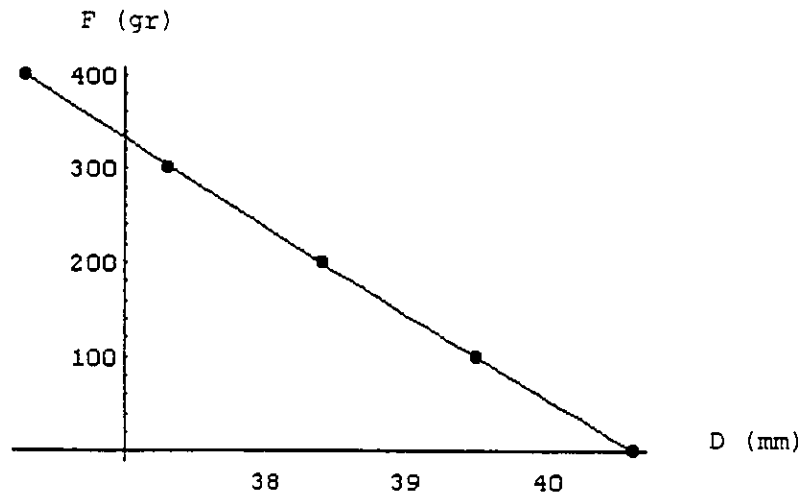


QH 10-2

QH 10-2

La constante elástica calculada de la gráfica es de 80gr/mm

Valor de la activación: 0.88mm



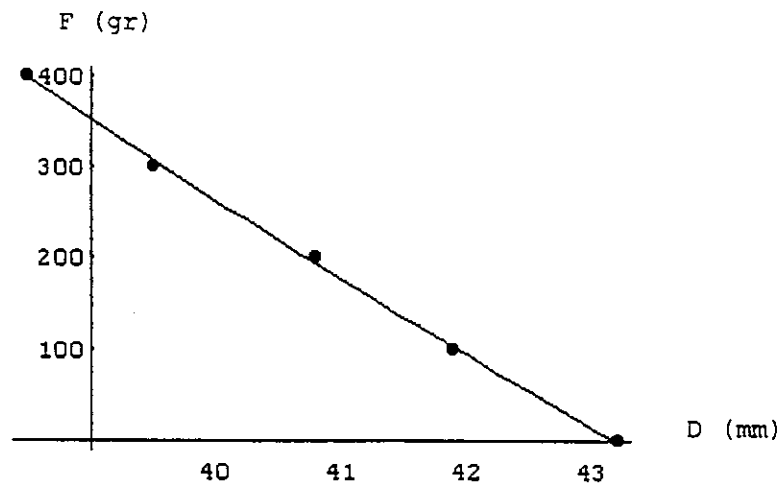
QH 10-3

QH 10-3

En la gráfica se observa una dispersión nula

La constante elástica calculada es de 91.3gr/mm

Valor de la activación: 0.88mm

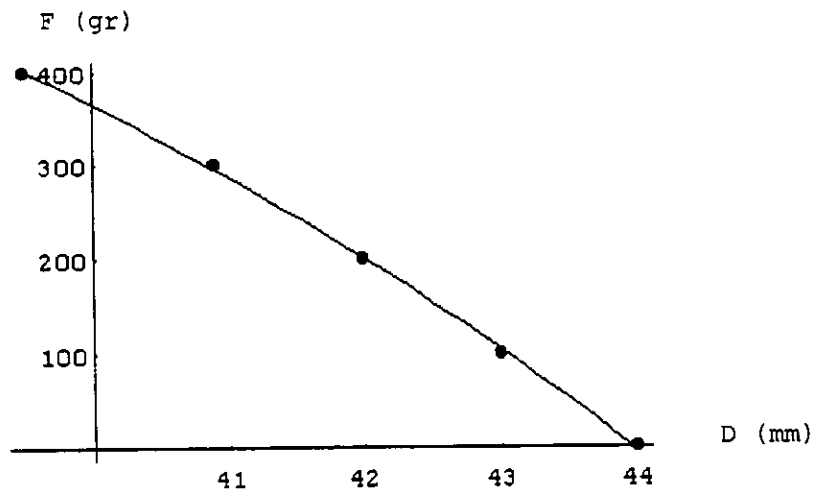


QH 10-4

QH 10-4

Constante elástica de 86 gr/mm

Valor de la activación 1.76mm

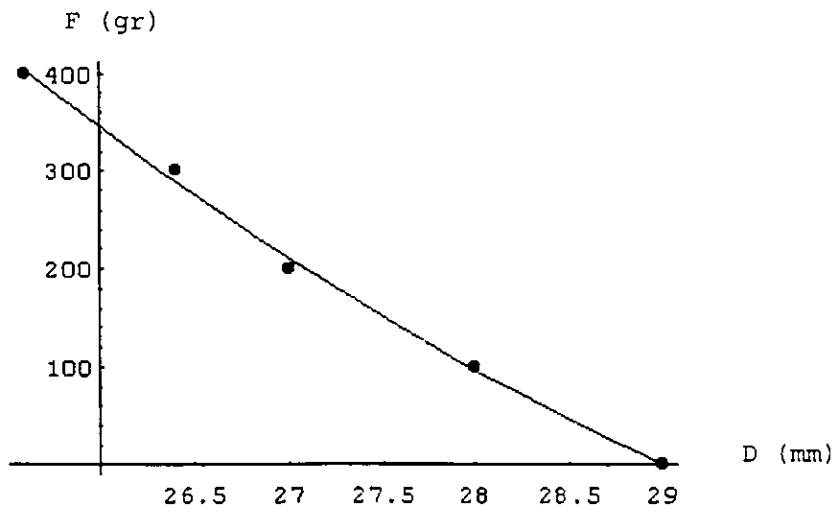


QH 10-5

QH 10-5

La constante elástica varía con la distancia, el quad-hélix se comporta de una manera no lineal.

Valor de la activación: 2.0mm



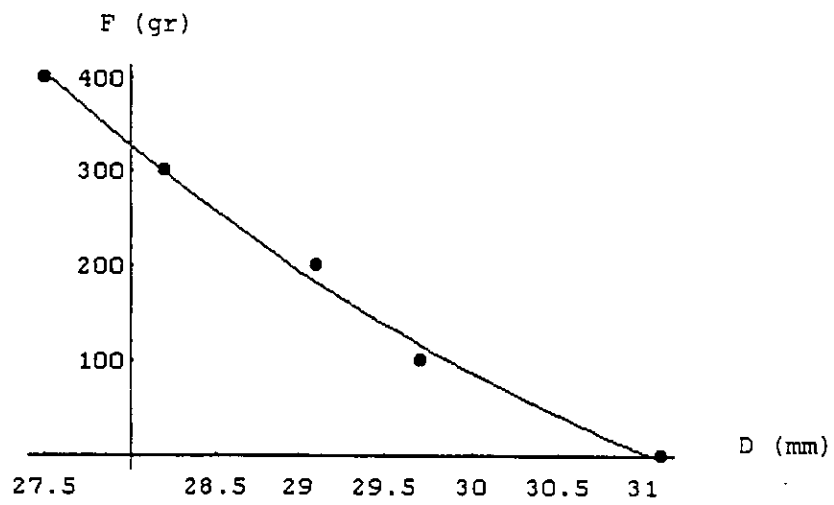
QH 11-0

QH 11-0

La longitud del puente posterior en la serie QH 11 es de 23mm.

Se observa una ligera curvatura en la gráfica, la constante elástica presenta variaciones en el intervalo medido.

Valor de la activación: 0.44mm

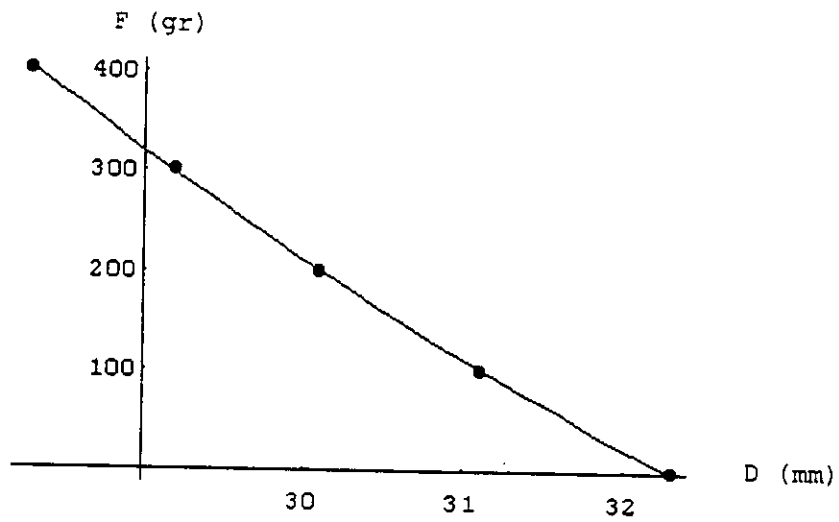


QH 11-1

QH 11-1

Continúa el comportamiento no lineal de la gráfica para este valor de activación.

Valor de la activación: 0.44mm

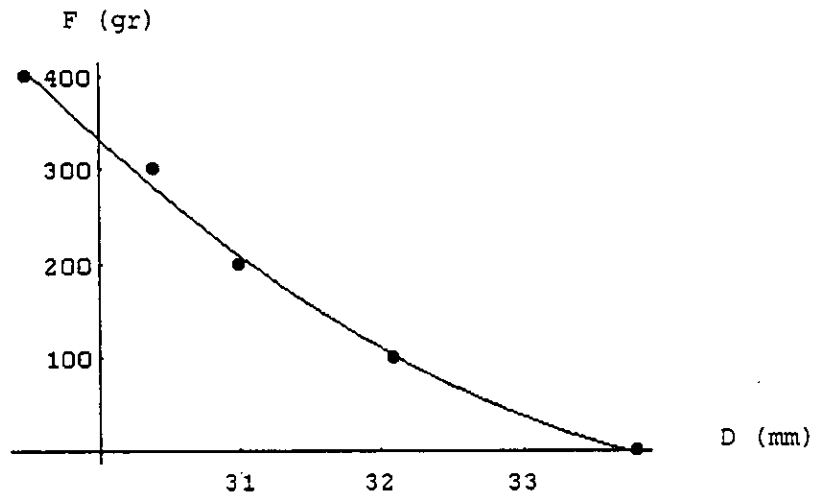


QH 11-2

QH 11-2

Dispersión pequeña de los valores obtenidos en relación a la curva ajustada, comportamiento ligeramente no lineal.

Valor de la activación: 0.88mm

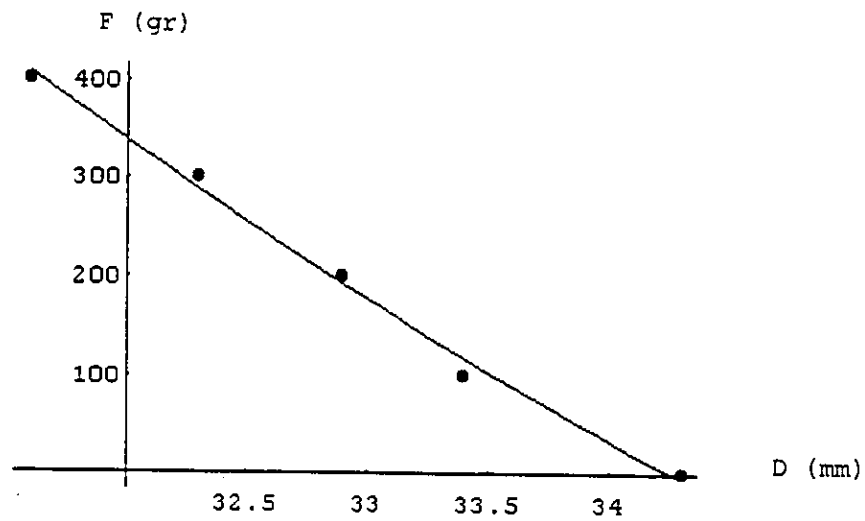


QH 11-3

QH 11-3

Se observa una mayor dispersión y la gráfica regresa a un comportamiento no lineal.

Valor de la activación: 1.3mm

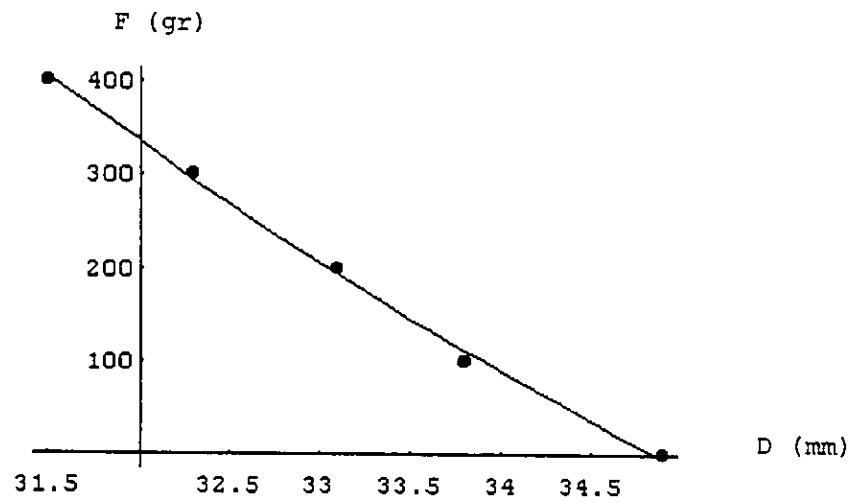


QH 11-4

QH 11-4

Se observa un comportamiento lineal. La constante elástica es de 74.4gr/mm

Valor de la activación: 1.76mm

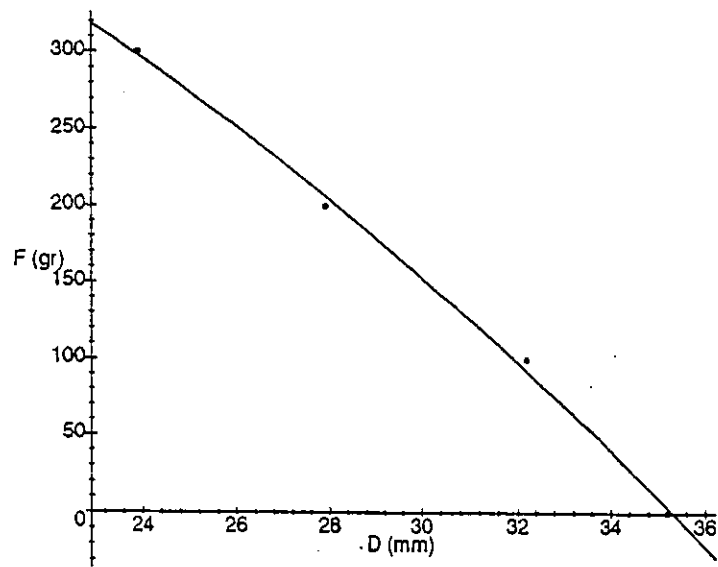


QH 11-5

QH 11-5

Constante elástica es de 114 gr/mm

Valor de la activación: 2.0mm



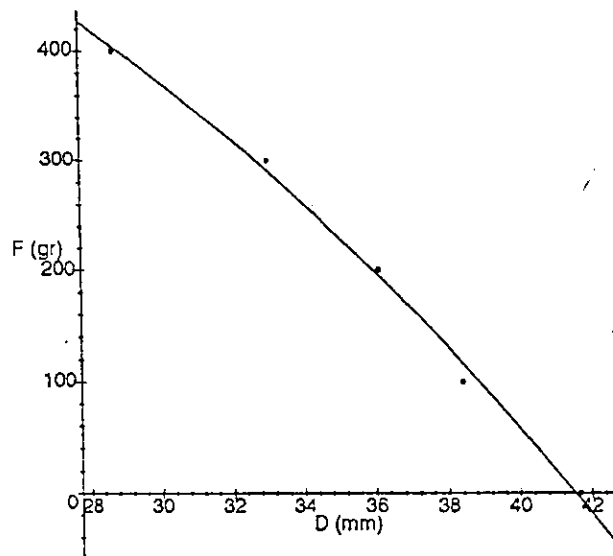
QH 12-0

QH 12-0

La longitud del puente posterior en la serie QH 12 es de 28mm.

Se observa una curvatura negativa en la gráfica.

Valor de la activación: 0mm

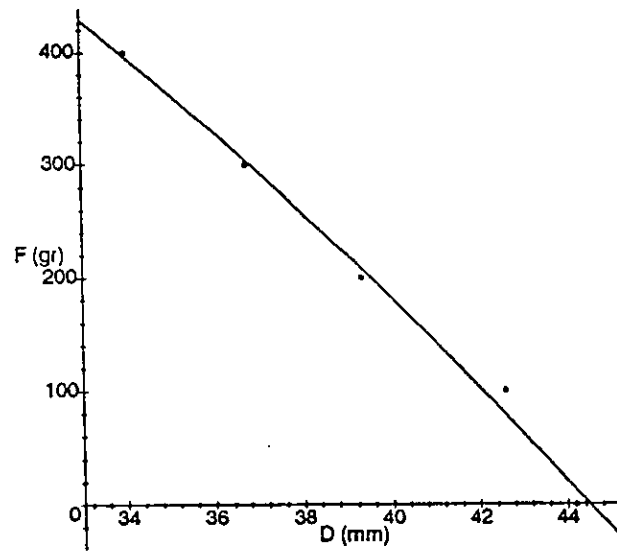


QH 12-1

QH 12-1

También se observa una curvatura negativa en la gráfica.

Valor de activación: 0.5mm

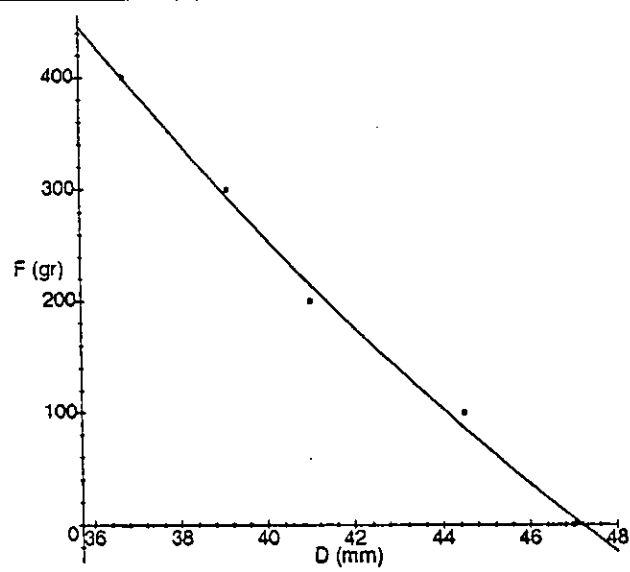


QH 12-2

QH 12-2

A medida que aumenta la profundidad de la activación, la curvatura va desapareciendo según se observa.

Valor de la activación: 0.88mm

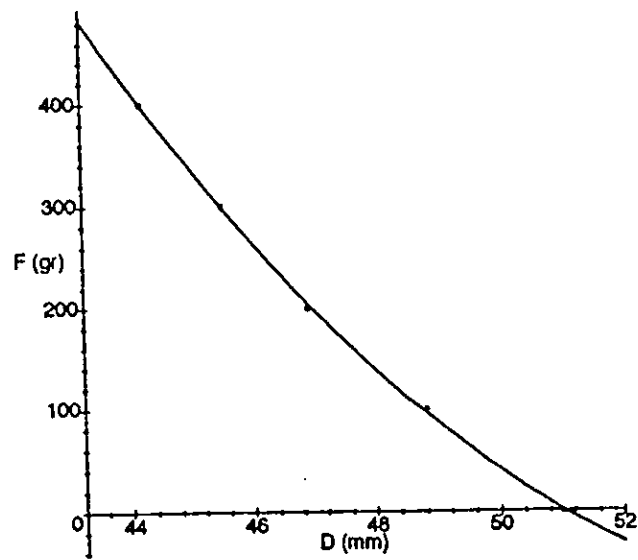


QH 12-3

QH 12-3

Aquí, se observa, que la curvatura cambia de signo respecto de las activaciones anteriores, existiendo una ligera dispersión.

Valor de la activación: 1.32mm

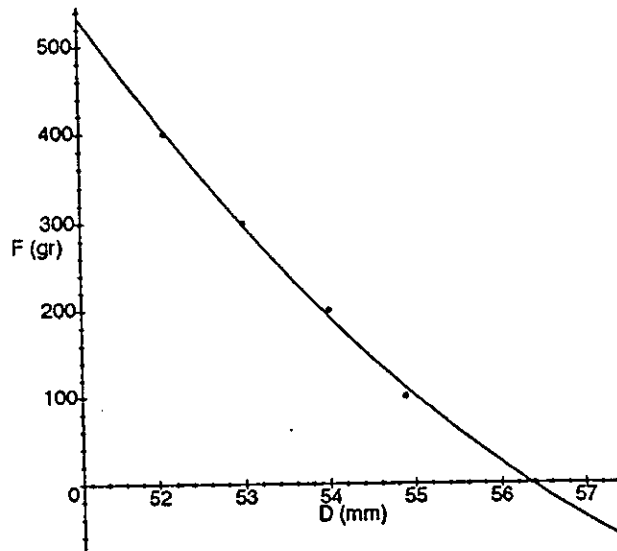


QH 12-4

QH 12-4

La curvatura sigue en aumento

Valor de activación: 1.76mm



QH 12-5

QH 12-5

El quad-hélix alcanza su máxima curvatura.

Valor de activación: 2.5mm

DISCUSIÓN

En la obtención de los datos, se prefirió utilizar un dinamómetro para medir las fuerzas aplicadas, debido a que la resolución del mismo es con una precisión de hasta 10gr, con respecto a otros estudios³¹

Las fórmulas que expresan las fuerzas para cada activación y longitud del puente posterior, reproducen los valores obtenidos experimentalmente con una diferencia máxima de 10gr en la mayoría de los casos, sin embargo, se espera que para algunos de los valores interpolados la diferencia sea algo mayor, debido a que en el ajuste de la curva se toman como base los puntos experimentales.

El presente trabajo no invalida las conclusiones obtenidas por los autores Chaconas y Caputo ³¹, los cuales mostraron en su estudio una comparación de diversos aparatos de expansión maxilar, entre los cuales estaba el quad-hélix, que la fuerza producida por éste al expanderlo inicialmente 8mm y posteriormente comprimirlo a intervalos de 1mm para simular una activación, producía aproximadamente una fuerza de 50gr por cada milímetro de activación y en total de 400 a 500gr.

Los resultados obtenidos muestran que la fuerza producida por cada milímetro de expansión en cada una de las activaciones varía de un rango de 88 a 130gr por milímetro de expansión, además de que al variar la longitud del puente posterior, varía el rango de fuerzas producido por cada aparato, lo cual fue notable en todos los casos, y esto puede ejemplificarse con la gráfica del QH 9.

El presente trabajo extiende el análisis a otros valores de las variables que por su interdependencia muestran un comportamiento ligeramente no lineal, como puede verse en las gráficas QH 10-0, QH 11-0 y QH 12-0, en donde se observa que inicialmente la gráfica es más bien curva y se va haciendo más recta a medida que se aumenta la activación hasta llegar a ser prácticamente una recta como

puede verse en las gráficas QH 10-2, QH 11-2 y QH 12-2, a partir de allí las gráficas vuelven a perder su forma de recta de modo que sólo en un rango de valores de activación puede considerarse válida la aproximación lineal.³⁸

Aún dentro de la aproximación lineal, la constante elástica (medida por la pendiente de la gráfica F vs X) tiene valores diferentes para cada quad-hélix, esto significa simplemente que la “dureza” de cada aparato varía según los parámetros de su construcción y en este trabajo se intenta establecer en forma global las variaciones en la fuerza de expansión en función de estas variables, mediante la confección de una tabla, la cual muestra que los valores extrapolados de fuerza o torque pueden ser relativamente altos, este fenómeno es común en cualquier extrapolación y solo indica una tendencia. Como se sabe, cuando se rebasan los límites elásticos la relación entre el esfuerzo y la elongación deja de ser lineal.³⁸

En el tratamiento estadístico de los datos se tomó en cuenta el promedio aritmético de los datos debido a que cada quad-hélix no producía dispersión en los valores de la fuerza salvo la muy pequeña debida a la inelasticidad ocasionada por el movimiento de dislocaciones y fronteras de grano en el material de que están fabricados los quad-hélix. Al no haber dispersión en los datos, carece de sentido hablar de una “función de distribución” y la consecuente estadística asociada a tal distribución, salvo en la situación de considerar varios quad-hélix con parámetros de construcción similares, que no es el presente caso.

Al evaluar los torques se hizo una estimación de la distancia a la cual se encuentra el centro de resistencia de la pieza molar³⁷. Al hacerlo así se deja abierta la posibilidad de variaciones en los torques reales respecto a los tabulados, de modo que estas tablas de torques sólo son tentativas, sin embargo, muestran el comportamiento en relación a los parámetros de construcción de los quad-hélix, así mismo debe considerarse que los torques se suman vectorialmente por lo que para utilizar correctamente la tabla elaborada debe considerarse la dirección en que actúa cada torque por separado y efectuar la suma vectorial correspondiente.

CONCLUSIONES

En la evaluación de los resultados obtenidos encontramos:

- 1.- En la construcción de los quad-hélix al variar la longitud del puente posterior, hay una variación no lineal de la fuerza de expansión, según lo muestra las tablas de fuerza de expansión (Tabla 1 a 4).
- 2.- A medida que aumenta la longitud del puente posterior, la fuerza por milímetro de expansión tiende a disminuir.
- 3.- Al activar los quad-hélix, hay un aumento en la fuerza de expansión en todos los casos, cuantificándose el aumento de fuerza así obtenida.
- 4.- En relación a la fuerza de torsión, se encontró que no es directamente proporcional a la longitud del puente posterior, lo cual indica que el alambre no es completamente elástico en el movimiento de torsión.
- 5.- Dentro de los resultados obtenidos anteriormente por el trabajo de Chaconas y Caputo y los resultados obtenidos en este trabajo, se puede estimar la fuerza en gramos por cada mm de variación de la distancia intermolar, pero estos resultados infieren que la variación entre la longitud en mm del puente posterior y la fuerza de expansión producida difiere de los resultados obtenidos por estos autores.
- 6.- En las tablas de torque de torsión, se encontró que la fuerza de torsión es aproximadamente proporcional al ángulo de giro para ángulos pequeños, no así para ángulos de 15° en adelante.

PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO

- 1.- Continuar con la misma línea del quad-hélix.
- 2.- Aplicar otras variables a los estudios como la distorotación en los molares.
- 3.- Utilizar un número significativo de aparatos quad-hélix, con características de construcción similares, con el objeto de identificar variaciones reales de las fuerzas que sean estadísticamente significativas.
- 4.- Realizar estudios clínicos con pacientes para valorar el efecto producido por el quad-hélix, comparando los resultados obtenidos en ésta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Dixon A. D. The early development of the maxilla Dent. Pract. 1953; 3:331-356.
- 2.- Dixon A. D. The Development of The Jaws Dent. Pract. 1958; 9: 10-18.
- 3.- Enlow D. H and Bang S. Growth and remodeling of the human maxilla.
Am.J.Orthod.1965;51:446-464.
- 4.- Van der Linden. : Development of the dentition. Quintessence, Chicago.1983; Caps.1-2
- 5.- Canut J.A. Ortodoncia Clínica. Edit. Salvat.España. 1989, 43-68.
- 6.- Foster T. D, Hamilton M.C. Oclusion in the primary dentition.
Br. Dent. J.1969; 126:76-79.
- 7.- Ben Bassat Y, Yaffe A.Brini, Free S, EhrlichY. Funcional and morphological-occlusal aspects for unilateral posterior crossbite.Eur. J.Orthod. Feb15,1969; (1):57-63.
- 8.- Henrikson L .A, Odenrik L, Modir T. Maxillary expansion of unilateral crossbite in preschool children. Scand. J.Dent. Res. 1986; 94:411-418.
- 9.- Da Silva, O.G., Villas-Boas M. C and Capelozza F. L. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions. A cephalometric evaluation.
Am.J.Orthod.1991;100:171-179.
- 10.- Kurol J., Berglund L. Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior cross-bite in the primary dentition. Eur.J.Orthod.1992; 14 (3) p. 173-179.
- 11.- Ojeda-Leon S., De la Teja A. E. Prevalencia de mordida cruzada en niños mexicanos.
Practica Odontológica. 1990; 11:11-15.
- 12.- Gianelly A, Goldman. H.Biologic basis of orthodontics.Philadelphia, Lea and Fabiger Ed, 1971. cap. 1-3.
- 13.- Gaber T.M . Current orthodontic concepts and tecniques.Philadelphia, W.B.Saunders Co

1969. p. 239-374.
- 14.- Bjorn O., Larsson E., Lindsten R. The Effect of sucking habits cohort, sex, intercanine arch widths, and breast or bottle feeding on posterior crossbite in norwegian and swedish Eur.J.Orthod. 1994.
 - 15.- Moyers R.E. A handbook of Orthodontics.3ER ED.Chicago Year Book Medical Pub. Inc.1972. p. 243-271.
 - 16.- Ngan P.W, Wei S.H. Treatment of posterior crossbite in the primary and early mixed mixed dentitions. Quintessence International.1990; 21(6) 451-459.
 - 17.- Silva-Filho O.D,Valladares N.J,Aleida R.R. Early correction of posterior crossbite: Biomechanical characteristics of the appliances.-J.Pedodont. 1989; 13:195-221.
 - 18.- Ricketts R.M. Bioprogressive therapy.-Ed.RMO,Co.USA. 2Ed.1980 .255-258.
 - 19.- Viazis AD., Vadakis G., Zelos L., Gallagher R.W. Designs and applications of palatal expansion appliances.-J. Clin. Ortod. 1992; 26 (4) :239-243.
 - 20.- Bishara S.E, Staley R. Maxillary expansion: Clinical implications.Am. J. Orthod. 1987; 91:3-13.
 - 21.- Hicks E. P. Slow maxillary expansion:A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitud force.Am. J. Orthod.1978; 73:121-141.
 - 22.- Haas, A. J. The treatment of maxillary deficiency by opening mid palatal suture.Angle Orthod. 1965; 35:200-217.
 - 23.- Newmann, B.: Removable appliances, in:Graber T.M (3er Ed.) Current orthodontic concepts and tecniques. Sanders, Co. 1969.
 - 24.- Jones, S. P, Waters N. E. The quad-helix maxillary expansion appliance: part I mechanic. Eur. J. Orthod. 1989; 11(2):169-178.
 - 25.- Chaconas, S. J, Alba y Levy J.A. Orthopedic and orthodontic applications of the quad-helix appliance.Am. J. Orthod. 1977; 72:422-428.
 - 26.- Catalogo RMO (Rocky Mountain Orthodontics).-HI (Copyright, 1989).

- 27.- Henry R. J. Slow maxillary expansion: A review of quad-helix therapy during the transitional dentition. *J. Dent. Child.* Nov-Dec. 1993; 60 (4):408-13.
- 28.-James, A. U. Effects of appliance size arch wire diameter, and alloy composition on the in vitro force delivery of the quad-helix appliance. *Am. J. Orthod.* 1988; 94 (4) .p. 311-315.
- 29.-Majuerau A, Nanda R. Biomechanical basis of vertical dimension control during rapid palatal expansion therapy. *Am. J. Orthod.* 1994; 106 (3):322-328.
- 30.-Ladner P, Muhl Z. Changes concurrent with orthodontic treatment when maxillary expansion is a primary goal. *Am. J. Orthod.* 1995; 108 (2):184-193.
- 31.-Chaconas Spiro J., Caputo Angelo A. Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *Am. J. Orthod.* 1982; 82 (6): 492-501.
- 32.- Sarver D. M, Johnston M.W. Skeletal changes in vertical and anterior displacement the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances. *Am. J. Orthod.* 1989; 95(6) p. 462-466.
- 33.- Browne C. C, Sutton D. J Twesme D.A. Convertible Hass-Type rapid palatal expander *J. Clin. Orthod.* 1991; 25 (3):163-165.
- 34.- Schneidman E., Wilson S., Erkis R. Two point rapid palatal expansion and alternate approach to traditional treatment. *J. Pediat. Dent.* 1990; 12(2):92-97.
- 35.- Mossaz C.F, Byloff F.K, Richter M. Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur. J. Orthod.* 1992; 14(2):110-116
- 36.- Wolfran S. *Mathematica. A system for doing mathematics by computer.* 2nd. Ed.. Addison-Wesley, 1993. p 139-140, 674-675.
- 37.-Berkovitz BK, Holland G. R, Moxham B J: *A colour Atlas&Texbook of oral anatomy* Year Book Medical Publishers, Inc. 1979; Page (33).
- 38.- Fox E.A. *Mechanics.* Ed. Harper International. 1967, p. 144-173

CURRICULUM VITAE

NOMBRE.- FERNANDO LUIS PARÉS VIDRIO

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO.- MÉXICO, D.F. 22 DE AGOSTO DE 1956.

NOMBRE DE LOS PADRES.- GUSTAVO PARÉS BELTRÁN
ENEDINA VIDRIO SOLÍS

ESTUDIOS PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA CON MENCIÓN HONORÍFICA

1975-1978

ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL PROVINCIAL DE MADRID, ESPAÑA.

ESPECIALIZACIÓN EN ORTODONCIA

1980-1982

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN ODONTOLOGÍA

1995-1996

DOCENCIA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA (UNAM)

PROFESOR DEFINITIVO ASIGNATURA "B"

ÁREA DE ORTODONCIA Y SEMINARIO DE DIAGNÓSTICO

1986 A LA FECHA.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA (UNAM)

ESPECIALIZACIÓN EN ESTOMATOLOGÍA DEL NIÑO Y EL ADOLESCENTE

PROFESOR TITULAR DEL SEMINARIO DEL TALLER DIAGNÓSTICO DE MALOCLUSIONES.

1995 A LA FECHA.

UNIVERSIDAD DEL EJÉRCITO Y LA FUERZA ÁEREA

ESCUELA MILITAR DE ODONTOLOGÍA

PROFESOR ASOCIADO "A"

ORTODONCIA

1992 A LA FECHA.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE CIRUGÍA MAXILOFACIAL DEL HOSPITAL JUÁREZ (SSA)

1985-1991

PRÁCTICA PRIVADA DE ORTODONCIA

1982 A LA FECHA

DOMICILIO.- AV. CENTENARIO 2698-26. COL. BOSQUES DE TARANGO

MEXICO, D.F. TEL. 6 37 40 67

APÉNDICE 1 (1/14)

HOJAS DE RECOLECCION DE DATOS

QUAD HÉLIX No 4.E LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	40	40	39	40	39.7	39.8	39.5	39.7
100	41.8	41.8	41.8	41.6	41.6	41.9	42.1	41.8
200	43.2	43.7	43.9	43.7	43.6	44	43.3	43.6
300	45	45.4	45	45.6	45	45.4	45.5	45.3
400	46.5	47	46.3	46.5	46.7	47.2	46.4	46.6
500	47.6	48	47.8	47.8	48.6	48.2	48.2	48

$$F = 1737.39 - 129.797 X + 2.16746 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.C LONG.PUENTES Ant,12mm.Post,25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	39.2	38.7	38	38.6	38.1	38.1	38.2	38.4
100	36.7	36.7	34.5	34.8	35	36.2	35.2	35.6
200	31.1	31.8	31.3	31.5	31.9	32.3	32	31.7
300	29.1	28.6	28.3	28	29.3	28.2	29	28.6
400	25.4	22.9	23.9	24.4	25.3	25.9	27.1	25
500								

$$F = 1009.74 - 21.0835 X - 0.132972 X^2$$

QUAD HÉLIX No 5.E LONG.PUENTES Ant.15mm.Post,25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	43.6	43.5	43.7	43.6	43.4	43.4	43.4	43.5
100	44.8	44.7	44.8	44.5	44.6	44.4	44.6	44.6
200	46	46	46.1	45.7	46	46	45.8	45.9
300	47.1	47	47	47	47	47	47	47
400	48.3	48.4	48.4	48	48	48	48	48.1
500	49.4	49.6	49.2	49.5	49	49	49	49.2

$$F = -1684.11 - 4.07483 X + 0.985091 X^2$$

Apéndice 1 (2/14)

QUAD HÉLIX No 5.C LONG.PUENTES Ant.15mm.Post.25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	42	42.4	42.4	42.2	42	42.2	42.6	42.3
100	40.3	40.1	40.6	40.3	40.1	40.2	40.3	40.3
200	38.4	38.6	39	38.5	38.1	38.7	38.4	38.5
300	36.1	36.3	36.5	36.8	36.9	36.4	36.3	36.5
400	34.8	33.5	33.8	34.1	33.9	35	35	34.3
500	33.4	32	33	31.9	32.3	33	32.5	32.6

$$F = 2095.46 - 47.5628 X - 0.046638 X^2$$

QUAD HÉLIX No 6.E LONG.PUENTES Ant,15mm.Post,30mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	41.5	40.9	41	41.1	41	41	41	41
100	43.6	43.5	43.4	43.4	43	43.8	43.5	43.5
200	45.4	45.1	45.2	45.4	45.9	45.8	45.7	45.5
300	47.9	47.6	47.4	47.7	47.5	47.8	47.5	47.6
400	49.4	49.2	49.8	49	49.2	49.9	49.5	49.4
500	51	51.4	51	51.5	51.4	51.1	51.2	51.2

$$F = -76.5818 - 36.1232 X + 0.925827 X^2$$

QUAD HÉLIX No 6.C LONG.PUENTES Ant,15mm.Post,30mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	40.5	40.2	39.8	39.9	39.9	40	39.8	40
100	35.8	36.8	35.7	36.7	36.5	36	36.4	36.3
200	32.8	33.2	33	33.8	33.6	33.3	33.3	33.3
300	30.4	30.1	29.3	30	29.9	30.6	30.2	30
400	24.4	23.7	24.6	26.6	26.8	26.5	27	25.6
500								

$$F = 849.65 - 10.3955 X - 0.274262 X^2$$

Apéndice I (3/14)

QUAD HÉLIX No 7.E LONG.PUENTES Ant.22mm.Post.25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	45.6	45.4	45.7	45.1	45.3	45.5	45.2	45.4
100	47.7	47.6	47.9	48	47.9	48	47.7	47.8
200	49.8	50	50.2	50.2	50.4	50	50	50.1
300	52	52.1	52.4	52.3	52.2	52.3	52.1	52.2
400	53.8	53.8	53.8	53.8	54	54	53.6	53.8
500	55.3	55.3	55.5	55.5	55.3	55.5	55.5	55.4

$$F= 1517.9 - 101.308 X + 1.49632 X^2$$

QUAD HÉLIX No 7.C LONG.PUENTES Ant.22mm.Post.25mm.

FECHA: 11 Marzo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	44.6	44.4	44.5	44.3	44.3	44.6	44.4	44.4
100	41.1	41.3	40.8	41.1	40.9	41.5	41	41.1
200	38.5	37.7	37.6	37.6	37.5	38.2	37.5	37.8
300	36	35.5	34.4	34.1	34.6	36.7	36	35.3
400	32	32	30	31.3	30.4	33	32.3	31.6
500								

$$F= 1374.38 - 29.9546 X - 0.0237966 X^2$$

QUAD HÉLIX No 8.E LONG.PUENTES Ant.18mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	42.3	42.8	42.9	42.5	42.8	42.5	42.8	42.7
100	44.6	45.2	45.2	45	44.8	45	45	45
200	46.8	47	47.1	47	47	47	47	47
300	48.3	48.8	48.6	48.4	49	48.7	48.9	48.7
400	49.6	50.2	50.2	50.5	50.5	50.6	50.2	51.2
500	52.2	52.1	52	52.3	52.2	52.1	51.5	52.1

$$F= - 65.3029 - 39.2026 X + 0.953968 X^2$$

Apéndice 1 (4/14)

QUAD HÉLIX No 8.C LONG.PUENTES Ant.18mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	42	41.9	41.9	41.7	41.9	42	41.8	41.9
100	39.2	39.1	39.4	39	39.2	40	38.2	39.2
200	36.5	37	36.3	35.9	35.5	35.7	35	36
300	33.1	33	33	33.1	32.9	32.7	32.5	32.9
400	29.5	29.2	28.7	29	29	27	30.5	29
500								

$$F = 669.611 + 4.03354 X - 0.494507 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.E.1 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: .5mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	42.5	43	43.5	43.1	43	43.2	43	43
100	44.8	45.2	45	45	45.1	45.6	45.1	45.1
200	46.5	46.8	46.6	46.7	47	47.1	46.5	46.7
300	47.7	48.7	48.1	48	48.1	48.1	48	48.1
400	48.8	49.6	49	49	49.7	49.1	49.1	49.2
500	50.8	50.8	50.1	50.8	50.8	50.1	50.2	50.5

$$F = 4309.13 - 243.131 X + 3.32279 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.C.1 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: .5mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	42	42	42	42.1	41.8			42
100	39.2	39.5	39.2	39	38.5			39.0
200	36.5	37	36	36.8	35.5			36.4
300	33	33	33.4	33.2	32.8			33
400	29	29.8	29.5	29.8	29.3			29.5
500								

$$F = 826.178 - 1.96749 X - 0.42272 X^2$$

Apéndice 1 (5/14)

QUAD HÉLIX No 4.E.2 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: .86 mm

F(gr)	X (mm)						<X>
0	45.2	45.2	45.2	45.3	45.2		45.2
100	46.2	46.5	47	47	46.2		46.6
200	48	48.4	48.6	48.5	47.8		48.3
300	49.8	50.1	50.1	50	49.6		49.9
400	50.6	50.5	51.1	51	51.1		50.4
500	51.8	52.1	52	52.1	52		52

$$F = 1990.46 - 146.19 X + 2.26187 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.C.2 LONG.PUENTES Ant.12.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: .86mm

F(gr)	X (mm)						<X>
0	44.2	44.2	44	44	44		44.1
100	41.8	40.5	42	41.3	41		41.3
200	39	38.5	39.3	39	39.3		39
300	35.5	36.5	36.5	37.3	36		36.4
400	34	33.4	33	33.5	33		33.4
500							

$$F = 1282.75 - 17.5538 X - 0.263375 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.E.3 LONG.PUENTES Ant.12.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 1.3mm

F(gr)	X (mm)						<X>
0	48	49.4	49.2	49.7	49.2		49.1
100	50.1	50	50.5	50.2	49.5		50.1
200	51.8	51.9	51.1	51.8	52		51.7
300	52.8	53	53	52.9	52.9		52.9
400							
500							

$$F = -9361.57 + 296.942 X - 2.16227 X^2$$

Apéndice 1 (6/14)

QUAD HÉLIX No 4.C.3 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 1.3mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	48	48	48.2	48.2	47.8			48.0
100	45	46.5	45.5	46.5	46			45.9
200	43	43	43	43.5	43.8			43.4
300	42	41.8	42.5	42	42.3			42.1
400	40.8	40.8	41	41	41			40.9
500								

$$F = 9919.74 - 384.922 X + 3.71675 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.E.4 LONG.PUENTES Ant,12mm.Post,25mm.

FECHA: 12 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 1.76mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	50	50.1	50.2	50	49.8			50.0
100	51.1	51.1	51	51.2	51			51.0
200	52.1	52.2	52.7	52.7	52.4			52.4
300	53.4	53.6	53.7	54	53.6			53.7
400								
500								

$$F = -14136.9 + 471.893 X - 3.78188 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.C.4 LONG.PUENTES Ant,12mm.Post.25mm.

FECHA: 16 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 1.76mm

F(gr)	X (mm)							<X>
0	48	48.3	46.7	47	47	46.8	46.8	47.2
100	46.7	45.5	45.2	46	45.6	45	45.5	45.6
200	46	45	44.3	45	44.8	44.1	44	44.7
300	45.6	44.7	43.7	44.5	43.3	42.2	43.7	43.9
400	43.5	43.5	43.5	43.8	42.2	41.7	43	43.0
500								

$$F = 25169.5 - 1011.69 X + 10.135 X^2$$

Apéndice 1 (7/14)

QUAD HÉLIX No 4.E.5 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 16 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 2.2mm

F(gr)	X (mm)						<X>
0	49.5	50.7	50.6	50.2	50.2		50.2
100	52	51.6	51.6	52.4	52.2		52
200	53.3	53	53.1	53.7	54		53.4
300	54.8	54.7	54	53.3	54.6		54.3
400	55.2	56.1	55.2	56	56		55.7
500	56	57	56.8	57	56		56.5

$$F = 6441.83 - 311.287 X + 3.64339 X^2$$

QUAD HÉLIX No 4.C.5 LONG.PUENTES Ant.12mm.Post.25mm.

FECHA: 16 Abril 1996 ACTIVACIÓN: 2.2mm

F(gr)	X (mm)						<X>
0	49.8	49	48.2	48.5	48.8		48.9
100	48.2	47	46.6	46.2	47		47
200	45.1	46	46	46.2	45		45.7
300	45.7	45.8	44.3	44.8	44.6		45.8
400	44.2	45	43.7	44	44.3		44.2
500							

$$F = 32032.2 - 1285.64 X + 12.8958 X^2$$

QUAD HÉLIX No 9.C.0 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 0

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.	<X>
0	32.0	31.5	31.6	31.7	32	-1.7	31.8
100	31.0	30.5	30.6	30.4	31.1	106	30.7
200	30.7	30.1	30.0	29.5	30.1	198	30.1
300	30.2	29.9	29.5	29.4	29.2	293	29.6
400	30	29	29.1	29.0	28.5	404	29.1
500							

$$F = 35114.6 - 2146.73 X + 32.7812 X^2$$

Apéndice I (8/14)

QUAD HÉLIX No 9.C.1 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 0.44mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	34.7	34.2	34.3	34.5	34.5	8.7		34.4
100	34	33.4	33.5	34	33.5	84.6		33.7
200	32.6	32	32.5	33.2	32.8	203.1		32.6
300	31.7	31	31.5	32	32	309.5		31.6
400	30.5	30.4	30.6	31.3	31	394		30.8
500								

$$F= 3161.48 - 74.4661 X - 0.499525 X^2$$

QUAD HÉLIX No 9.C.2 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	36.2	35.5	37	36	36.6	-6.7		36.3
100	35.5	34.8	36	35	35.2	119		35.3
200	34.5	34.2	35.2	34.8	35	193		34.7
300	34	33.2	34	34	34.2	289		33.9
400	33	33	32.7	33	33	405		32.9
500								

$$F= 1966.52 + 19.3872 X - 2.03159 X^2$$

QUAD HÉLIX No 9.C.3 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1.3mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	38	37.4	37	37	36.5	-5.4		37.2
100	37	36.5	36.4	36.4	35.9	117.6		36.4
200	36.2	36	36	36	35.2	187.3		35.9
300	35.5	34.6	35	35	34.8	298.7		35
400	34.3	33.5	34	34	34.2	401.5		34
500								

$$F= - 9301.73 + 662.453 X - 11.0901 X^2$$

Apéndice 1 (9/14)

QUAD HÉLIX No 9.C.4 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1.7mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	38.8	39	38.5	38	38	-6.7		38.5
100	37	38	37.5	37	37	126.4		37.3
200	36.8	37.5	37	36.5	36	186.1		36.8
300	36	37	36	35.7	35.2	286.7		36
400	34.7	35.7	35	35	35	407.3		35.1
500								

$$F= 11310.3 - 482.797 X + 4.90516 X^2$$

QUAD HÉLIX No 9.C.5 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,18mm.

FECHA: 15 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 2.2mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	38.7	39	39.3	39.4	39.3	-2.1		39.1
100	38	38.5	38.2	38.5	38.6	102.7		38.4
200	37.3	37.8	37.5	38	38	205.1		37.7
300	36.8	37	37	37.5	37.3	291		37.1
400	35.9	36.8	36.3	36.5	36	403		36.3
500								

$$F= 2240.33 + 36.7337 X - 2.40627 X^2$$

QUAD HÉLIX No 10.C.0 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,23mm.

FECHA: 17 Mayo ACTIVACIÓN: 0

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	33.5	33.5	33.5	33.2	33.4	1.76		33.42
100	30.5	31	30.3	30.3	30.5	96.58		30.52
200	28	28.5	28	28	28	196.98		28.2
300	26	26	26.3	26	25.8	311.21		26.02
400	25	24.3	25	24.5	24.4	393.48		24.64
500								

$$F= 3161.88 - 162.296 X + 2.02688 X^2$$

ESTA TAREA DEBE SER REALIZADA EN LA BIBLIOTECA

Apéndice 1 (10/14)

QUAD HÉLIX No 10.C.1 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.23mm.

FECHA: 17 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 0.44mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	36	35.5	36	36	36.2	-3.18		35.9
100	33.5	33.8	33	33.5	33.3	115.66		33.4
200	31.8	32.3	32	31.8	32	183.11		32
300	30	30	28.8	29	29.7	305.13		29.5
400	27.5	29	27.5	27.5	26.4	399.24		27.6
500								

$$F= 1899.12 - 58.8473 X + 0.163187 X^2$$

QUAD HÉLIX No 10.C2 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,23mm.

FECHA: 17 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 0.88mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	39.5	39.2	39.2	39	39.3	-3.8		39.2
100	37.5	37.7	37.8	37.2	37.5	113.86		37.5
200	37	36.2	36.2	36.5	36.5	190.05		36.5
300	35	35	35	35.8	35	296.81		35.2
400	34.2	34.2	33.8	34	34.2	403.09		34
500								

$$F= 6502.13 - 267.101 X + 2.57993 X^2$$

QUAD HÉLIX No 10.C.3 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,23mm.

FECHA: 17 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1.32mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	40.5	40.5	40.7	40.7	40.5	0.81		40.6
100	39.5	39.5	39.4	39.4	39.5	98.66		39.5
200	38.5	38.5	38.5	38	38.7	199.24		38.4
300	37.5	37.5	37.3	37	37.2	302.54		37.3
400	36.8	36.6	36.2	36	36	398.82		36.3
500								

$$F= 5418.47 - 179.163 X + 1.12619 X^2$$

Apéndice 1 (11/14)

QUAD HÉLIX No 10.C.4 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,23mm.

FECHA: 17 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1.76mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	42.8	43	43.4	43.6	43	-0.03		43.2
100	41.2	41.8	42	42.5	42	102.45		41.9
200	40	40.8	40.5	41.5	41.2	193.62		40.8
300	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	306.61		39.5
400	38.5	38.5	38.3	38.5	38.6	397.39		38.5
500								

$$F= 6449.46 - 221.93 X + 1.68139 X^2$$

QUAD HÉLIX No 10.C.5 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,23mm.

FECHA: 17 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 2.0mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	4	44	44.2	44	44	-2.16		44
100	43	43.2	43	42.8	43	103.88		43
200	42	42	42	42	42	200.59		42
300	40.5	41	41	40.8	41	296.18		40.9
400	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	401.50		39.5
500								

$$F= - 4171.49 + 300.233 X - 4.6699 X^2$$

QUAD HÉLIX No 11.C.0 LONG.PUENTES Ant,13mm.Post,13mm.

FECHA: 24 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	29	29	29	29	29.1	0.4		29
100	28	28	28	28	28	96.5		28
200	27	27	27	27	27	211.2		27
300	26.3	26.5	26.4	26.5	26.5	288.9		26.4
400	25.7	25.8	25.6	25.4	25.6	402.9		25.6
500								

$$F= 10322.1 - 625.014 X + 9.27913 X^2$$

Apéndice 1 (12/14)

QUAD HÉLIX No 11.C.4 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.13mm.

FECHA: 24 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 1.76mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	34.5	34	34	34.5	34.3	-5.6		34.3
100	33.8	33.2	33	33.5	33.6	118.3		33.4
200	33.2	32.5	32.5	33	33.3	193.0		32.9
300	32.5	32	32	32.5	32.6	288		32.3
400	31.5	31.5	31.5	32	32	406.5		31.6
500								

$$F= 14199.9 -698.015 X + 8.2758 X^2$$

QUAD HÉLIX No 11.C.5 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.13mm.

FECHA: 24 Mayo 1996 ACTIVACIÓN: 2.0mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	35	34.6	34.8	35	35	-3.6		34.9
100	33.5	33.8	33.5	34	34	111.9		33.8
200	32.5	33.2	32.8	33.5	33.5	193.5		33.1
300	32	32.3	32	32.5	32.5	294.5		32.3
400	31.6	31	31.5	31.5	32	403.8		31.5
500								

$$F= 11242.7 -546.493 X + 6.42545 X^2$$

QUAD HÉLIX No 12.C.0 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 14 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 0.0mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	36.8	35	35	34.5	35.35	3.26		35.2
100	33	31.5	31.2	32.5	33.32	92.4		32.2
200	27	27.5	28	29	28.28	206.4		27.9
300	25	23	24	23.5	24.24	297.8		23.9
400								
500								

$$F= 550.093 - 0.0203328 X - 0.440753 X^2$$

Apéndice I (13/14)

QUAD HÉLIX No 12.C.1 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 21 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 0.5mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	42.3	41.5	41.5	42	41.3	-6.8		41.7
100	38.5	38.5	37.8	38.5	38.6	116.8		38.4
200	36	36	36	36	36.5	195.2		36.1
300	32.8	33.5	32.8	32.9	33	290.7		33
400	27.8	28.3	29	29	29.5	403.9		28.7
500								

$$F = 583.201 + 11.2009 X - 0.607938 X^2$$

QUAD HÉLIX No 12.C.2 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 21 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 0.88mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	45.5	45	45.3	45	45.3	3.6		45.2
100	43	42.5	43	42	42.3	91.4		42.6
200	39	39	39.5	39.5	39.5	206.3		39.3
300	37.5	36.5	36	36.5	37	299.6		36.7
400	34.5	33.5	34	34.6	33.5	398.9		34
500								

$$F = 1867.72 - 49.1469 X + 0.174909 X^2$$

QUAD HÉLIX No 12.C.3 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 21 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 1.32mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	47	46.8	47	47	47	5.5		47
100	44.5	44.5	44.3	44.8	44.5	86.2		44.5
200	41	41	41	41	41.3	215.3		41
300	39	39	39	39	39.6	293.2		39.1
400	36.5	37	36.4	36.5	37	399.5		36.7
500								

$$F = 3123.95 - 102.329 X + 0.76554 X^2$$

Apéndice I (14/14)

QUAD HÉLIX No 12.C.4 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 21 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 1.76mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	51	51	51	50.5	51	1.1		51
100	48.3	48.5	49	49	49	95.9		48.8
200	46.6	46.5	47	47	47.5	204		46.9
300	45.2	45.5	45	45.8	46	299.2		45.5
400	44.2	44	43.5	44.5	44.6	399.3		44.2
500								

$$F = 10560.4 - 378.371 X + 3.35935 X^2$$

QUAD HÉLIX No 12.C.5 LONG.PUENTES Ant.13mm.Post.28mm.

FECHA: 21 Junio 1996 ACTIVACIÓN: 2.5mm

F(gr)	X (mm)					F(gr)calc.		<X>
0	56.5	56.3	56.3	56.5	56.6	-2.7		56.4
100	54.5	55	55	55	55	110.1		54.9
200	53.5	54	54	54.2	54.2	192.5		54
300	53	52.8	53	53	53	297.1		53
400	52	51.9	52.2	52	52.3	402.8		52.1
500								

$$F = 25338.2 - 833.588 X + 6.81348 X^2$$

QUAD HÉLIX No _____ LONG.PUENTES _____

FECHA: _____ ACTIVACIÓN: _____

F(gr)	X (mm)							
0								
100								
200								
300								
400								
500								

F=

Apéndice 2

Fórmula General para la fuerza de expansión, como función de la longitud del puente posterior (Lp), activación (a) y la distancia intermolar (x).

$$\begin{aligned}
 F[Lp,a,x] = & -937460. + 148839. Lp - 7333.11 Lp^2 + 114.782 Lp^3 + \\
 & a (4.66626 10^3 - 7.02409 10^7 Lp + 333087. Lp^2 - 5066.22 Lp^3) + \\
 & a (1.18232 10^7 - 1.79308 10^6 Lp + 85647.5 Lp^2 - 1311.12 Lp^3) + \\
 & a (4.4234 10^5 - 664394. Lp + 31399.9 Lp^2 - 475.852 Lp^3) + \\
 & a (-2.43169 10^4 + 3.65781 10^6 Lp - 173251. Lp^2 + 2631.74 Lp^3) + \\
 & a (-3.74221 10^2 + 5.64012 10^7 Lp - 267840. Lp^2 + 4079.43 Lp^3) + \\
 & (57976.2 - 9206.03 Lp + 453.761 Lp^2 - 7.10441 Lp^3 + \\
 & a (2.27082 10^2 - 341810. Lp + 16233.7 Lp^2 - 247.366 Lp^3) + \\
 & a (1.46062 10^4 - 219262. Lp + 10382.1 Lp^2 - 157.739 Lp^3) + \\
 & a (-266115. + 39890. Lp - 1885.13 Lp^2 + 28.5834 Lp^3) + \\
 & a (-728580. + 110443. Lp - 5277.47 Lp^2 + 80.8345 Lp^3) + \\
 & a (-2.80946 10^3 + 422140. Lp - 20013.4 Lp^2 + 304.465 Lp^3)) x + \\
 & (-898.075 + 142.564 Lp - 7.02823 Lp^2 + 0.110057 Lp^3 + \\
 & a (42262.2 - 6336.73 Lp + 300.254 Lp^2 - 4.56774 Lp^3) + \\
 & a (11207.2 - 1697.59 Lp + 81.1249 Lp^2 - 1.24296 Lp^3) + \\
 & a (3996.46 - 597.611 Lp + 28.2277 Lp^2 - 0.428084 Lp^3) + \\
 & a (-21915. + 3281.96 Lp - 155.3 Lp^2 + 2.35945 Lp^3) + \\
 & a (-34422.1 + 5173.05 Lp - 245.625 Lp^2 + 3.74355 Lp^3)) x^2
 \end{aligned}$$