



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**MODELO FOTOELÁSTICO PARA EL ANÁLISIS
CUALITATIVO DEL MOVIMIENTO OSEO DENTARIO
GENERADO POR LA ACTIVACIÓN DE LA PLACA
SCHWARTZ EN ABANICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA**

**PRESENTA:
ALEJANDRA OSORIO LEÓN**

**DIRECTORA: DRA. MIRIAM MARIN MIRANDA
ASESORA: ESP. LETICIA OROZCO CUANALO
ASESOR: DR. ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA
SINODAL: DRA. MARÍA LILIA ADRIANA JUÁREZ LÓPEZ
SINODAL: MTRA. MARÍA EUGENIA BRIBIESCA GARCÍA**



CIUDAD DE MÉXICO

ENERO 2022



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 esta 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.

Índice

Índice	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes Ortodoncia	4
2.2. Ortodoncia preventiva	5
2.3. Ortodoncia interceptiva	5
2.4. Ortodoncia correctiva	6
2.5. Aparatos de ortodoncia interceptiva	6
2.5.1. Placas activas	7
2.5.2. Placa con tornillo de expansión en abanico	8
2.6. Enseñanza de O.I a nivel pregrado en la FES Zaragoza	9
2.7. Fotoelasticidad	10
2.8. Método fotoelástico en odontología	11
2.9. Antecedentes del uso de fotoelasticidad en odontología	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. HIPÓTESIS	14
5. OBJETIVOS	14
5.1. Objetivo general	14
5.2. Objetivos Especificos	14
6. MATERIAL Y MÉTODO	15
6.1. Tipo de estudio	15
6.2. Población de estudio / muestra	15
6.3. Variables	15
6.3.1. Operacionalización de las variables	15
6.4. Materiales	15
6.5. Técnicas	16
6.5.1. Modelos de estudio	16
6.5.2. Placa de expansión	16
6.5.3. Modelo fotoelástico	16
6.5.4. Ensayo de fotoelasticidad	17
6.5.5. Clase con alumnos de pregrado	18
7. RESULTADOS	18

DISCUSIÓN	23
8. CONCLUSIONES	26
9. PERSPECTIVAS	26
10. REFERENCIAS	27

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento y análisis del movimiento óseo dentario generado por la activación de diversos aparatos de ortodoncia es de gran importancia para el área odontológica desde nivel pregrado, ya que es parte de los objetivos a cumplir en las clínicas de diversas universidades. Se realiza el diseño, elaboración y colocación de aparatos de ortodoncia interceptiva (O.I.) para la prevención y corrección de mal posiciones dentarias. Sin embargo, la enseñanza del uso y fabricación de los aparatos en ocasiones es relativamente empírica a nivel pregrado, en el sentido de que se demuestra morfológicamente como son los aparatos y la función que se cree que tienen. Pero no existen modelos que ayuden a visualizar de qué forma las fuerzas de los aparatos afectaran la remodelación ósea y movimiento dental. Esta es la causa que da pie a esta investigación, dado que los resultados secundarios que se presentan tras el uso de los aparatos de O.I y; evidencian alteraciones en las estructuras óseo dentarias de los pacientes, pasan en muchas ocasiones sin que los alumnos previamente hubieran comprendido el proceso.

El trabajo presentado a continuación, pretende encontrar un modelo óseo dental que auxilie a los alumnos en el análisis de las zonas de concentración de esfuerzos ejercidos por el uso de aparatos de O.I., por medio de la utilización de la fotoelasticidad, a partir del análisis de un aparato ortodóntico.

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo didáctico fotoelástico para el análisis cualitativo del movimiento óseo dentario generado por la activación de la placa Schwartz en abanico, para localizar las zonas afectadas por la colocación y activación de dicho aparato de ortodoncia y proponerlo como un modelo que puede favorecer el aprendizaje de técnicas de ortodoncia interceptiva en alumnos de pregrado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Ortodoncia

La ortodoncia es considerada una de las especialidades más antiguas de la odontología, pues desde las antiguas civilizaciones, se ha evidenciado la utilización de diversos artefactos diseñados para la corrección de malposiciones óseas y dentarias.

En Grecia es donde se dio un mayor reconocimiento a la medicina y a la odontología por los escritos de Aristóteles, Solón e Hipócrates quienes hablaron de la deformidad craneofacial en las personas, refiriéndose a erupción dental, función y cómo tratar los dientes. Posterior a la conquista de Grecia, ya en Roma, comenzó el interés por las malposiciones dentarias; Celso fue quien preconiza la extracción de los dientes temporales para la pronta erupción de los permanentes y evitar una malposición, él sugería guiar los dientes ejerciendo presión con los dedos, para llevarlos a una buena oclusión.

El primer instrumento conocido para la corrección de malposiciones fue descrito por Albucasis (936-1013), era un tipo de lima que consistía en desgastar los dientes que estaban mal posicionados para que cupieran en las arcadas. ¹

Durante el renacimiento y la edad media la odontología era practicada por barberos y sangradores (charlatanes), quienes no tenían bases filosóficas ni científicas que avalan sus prácticas, dicho oficio era transmitido de padres a hijos; fue en Francia donde se da origen de la odontología moderna separándose de estos barberos y sangradores y tiene sus orígenes en el siglo XVIII con Pierre Fauchard , conocido como el padre de la odontología en el año de 1728 con su publicación "*El cirujano Dentista*", en dicha obra describe el primer aparato de ortodoncia; sin embargo tenía muy poco efecto mecánico, fue 100 años más tarde que Angle creó otro sistema. Horace Hayden en colaboración con Chapin Harris fundaron la primera escuela odontológica del mundo en el año de 1840. ²

Edward Angle conocido como el padre de la ortodoncia introduce el uso de aparatos para la corrección de irregularidades dentales y es quien funda la primera escuela para odontólogos con especialidad en ortodoncia en el año de 1901, pero es Pedro J. Lefoulon quien le da el nombre como tal a la ortodoncia.^{1,2}

Se sabe que la ortodoncia es la primera especialidad reconocida dentro de la odontología, teniendo como definición de ortodoncia: “especialidad de la odontología que se encarga de detectar y corregir aquellas irregularidades y mal posiciones localizadas en las estructuras óseo dentarias y estructuras de la cara”, otra acepción reconocida es: “la especialidad odontológica que estudia y corrige cualquier alteración, en cuanto a posición incorrecta de los dientes y arcadas dentarias”.^{2,3}

Para su estudio y tratamiento la ortodoncia se divide en tres tipos según la etapa de desarrollo en la que se encuentre el paciente

2.2. Ortodoncia preventiva

La ortodoncia preventiva que es aquella en donde se realizan movimientos dentales o esqueléticos que ayuden a prevenir mal posiciones que son detectadas mucho antes de que se manifiesten; por lo tanto, son acciones ejercidas para conservar la integridad de lo que parece ser una oclusión normal en determinado momento.⁴

2.3. Ortodoncia interceptiva

Una tendencia general en todas las ramas de la medicina es realizar acciones que favorezcan un diagnóstico y tratamiento lo más temprano posible. La odontología y ortodoncia siguen también dicha tendencia, de tal forma surge la ortodoncia interceptiva.

Según la Asociación Americana de Ortodoncia se define a la ortodoncia interceptiva como: “El tratamiento comenzado en la dentición primaria o mixta que se realiza para mejorar el desarrollo dental y esquelético antes de la erupción de los dientes permanentes y cuyo pronóstico específico sea corregir o interceptar maloclusiones y reducir el tiempo de tratamiento”.⁵

Un tratamiento ortodóntico temprano tiene su base en la corrección de malposiciones dentales y esqueléticas antes de llegar a una dentición permanente, para así poder evitar su severidad, de manera que, cuando se llegue el momento de la dentición permanente se encuentre una armonía y en estética.³

La ortodoncia interceptiva está indicada mientras el paciente presenta una dentición mixta en los casos donde existe una mal posición, aunque el tipo de aparato va a depender del punto de vista de cada ortodoncista.⁶

La ortodoncia interceptiva brinda sus tratamientos principalmente a: hábitos orales, mordidas cruzadas, mantenedores de espacio y pacientes clases III.³

Un ejemplo de aplicación de ortodoncia interceptiva puede ser el caso de la eliminación de un mal hábito, como la succión digital, donde ya se ha hecho evidente un problema de protrusión del maxilar, mordida cruzada, abierta, profunda o prevenir defectos faciales y con el uso de aparatología miofuncional se puede actuar sobre la musculatura y huesos. Con ellos se puede estimular el crecimiento óseo maxilar o detenerlo.⁷

2.4. Ortodoncia correctiva

La ortodoncia correctiva es aquella en la que se utiliza aparatología fija (brackets), donde ya se presentó alguna maloclusión que llega a involucrar algún tipo de alteración ya sea ósea, dental, muscular y generalmente afecta a la estética facial del paciente.⁸

2.5. Aparatos de ortodoncia interceptiva

Tanto la ortodoncia preventiva como la ortodoncia interceptiva son tratamientos sencillos y de temprana intervención durante la dentición temporal y mixta entre los 7 y los 12 años. Nos ayuda a corregir las mal posiciones óseas y dentarias mediante la utilización de aparatología que puede ser fija o removible.

Escoger el tipo de aparatos adecuados va a depender de la etapa de crecimiento en la que se encuentra el paciente, ya que puede ser solo un problema dental o involucrar también la parte ósea.⁶

La aparatología removible es el tratamiento ortodóntico empleado en la dentición temporal y mixta para provocar cambios histológicos en los tejidos del sistema estomatognático a través de estímulos mecánicos sobre dientes y periodonto.⁷

Dentro de los aparatos más utilizados en la ortodoncia interceptiva tenemos a los mantenedores de espacio de forma pasiva o activa como son arco de Nance y arco

lingual, correctores de hábitos como trampa lingual, y Lip bumper, los expansores maxilares como Hyrax o Quad hélix y los correctores de posición dental como Hawley, Schwartz y Arco transpalatino (ATP).⁶

Por mucho tiempo han sido utilizados estos y muchos más aparatos de ortodoncia para la corrección de las mal posiciones dentarias, pero no siempre han sido empleados de la manera más adecuada. Si bien en las universidades enseñan la fabricación y colocación de los aparatos dependiendo de las necesidades de los pacientes, no siempre se toma en cuenta que si estos aparatos no se colocan adecuadamente pueden provocar alteraciones en las estructuras óseas que no podemos percibir a simple vista.

2.5.1. Placas activas

La placa removible de expansión fue desarrollada por Martin Schwartz caracterizado por el tornillo de expansión (fig. 1).⁹

Una placa activa se compone de una base acrílica, retenedores y de los elementos activos que son: el arco vestibular, resortes y tornillos. Dependiendo del sentido en que se realiza el corte la función de la placa será distinta, como aparatos de acción simétrica o asimétrica, contracción o expansión, expansión uniforme o en abanico y como expansión doble o triple.¹⁰

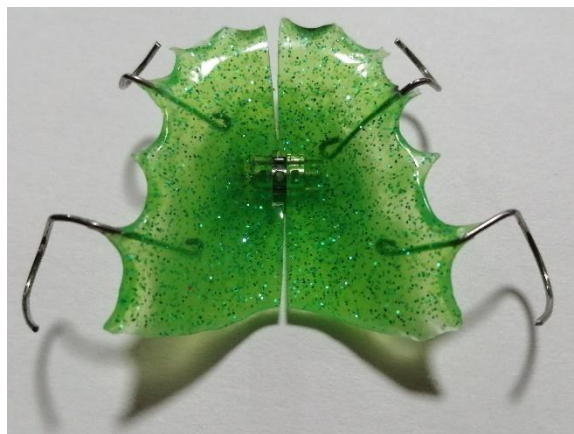


Fig. 1 Placa de expansión estándar. Fuente: propia

Una vuelta completa (360°) es equivalente a 1mm de separación, mientras que la activación que se da de un tope a otro equivale a un cuarto de vuelta (90°) que es igual a 0.25mm. La apertura máxima que tiene un tornillo es de 10 a 12mm.¹¹

2.5.2. Placa con tornillo de expansión en abanico

Los aparatos de expansión con tornillo tienen muchas variantes de acuerdo con los tipos y posiciones; uno de ellos es el tornillo de expansión en abanico de dos piezas en el que el tornillo y la articulación se encuentran separados y debido a esto el área que se desea expandir se puede conformar de forma variable, esto según las líneas de demarcación (fig.2). Con este tornillo se puede expandir más en el área posterior hasta los premolares.¹²

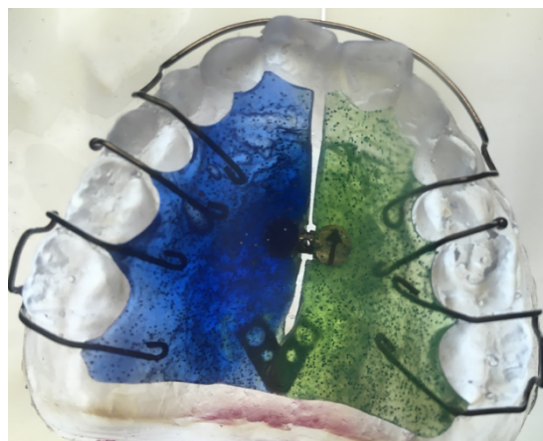


Fig. 2 Placa Schwartz con tornillo de expansión en abanico de dos piezas. Fuente: Propia

Al activar el tornillo las dos partes acrílicas se mantienen unidas en la parte posterior por la articulación. La placa se puede abrir hacia adelante en abanico de unos 4mm. Con un tornillo especial puede lograrse una apertura de 8 mm.¹³

Con el tornillo de expansión de una sola pieza se logra expandir más en zona anterior y sirve para alinear dicho sector. Cuando tenemos una pequeña discrepancia de espacio en la zona anterior o tenemos un arco estrecho en esta

zona, pero con una aceptable relación posterior, podemos utilizar tornillos para expandir solo en la zona anterior. ⁹

2.6. Enseñanza de O.I a nivel pregrado en la FES Zaragoza

Las maloclusiones ya son consideradas un problema de salud pública, por lo que en la FES Zaragoza el segundo año de la carrera lo conforman siete módulos a través de los cuales se aborda el proceso salud-enfermedad del Sistema Estomatognático en la población infantil y adolescente.

Los módulos que conforman el segundo año de la carrera son: Estomatología I, Sistemas de Mantenimiento, Regulación y Relación del Organismo Humano; Psicología Social y Clínica I; Estomatología Social II; Mecanismos de Control de la Infección y Metodología de Investigación II.

El módulo de Estomatología I (teórico – práctico), constituye el soporte teórico indispensable para realizar la actividad clínica, ya que en él se aportan los conocimientos teóricos básicos para el diagnóstico, prevención, tratamiento y evaluación integral, de caries, enfermedades pulpares y periapicales, periodontopatías, maloclusiones, lesiones de tejidos blandos y duros, que permitan enfrentar los problemas clínicos de pacientes infantiles y adolescentes.

A partir de la unidad IX se comienza el estudio de las maloclusiones desde su etiología y diagnóstico, este módulo abarca concepto de maloclusión, causas de maloclusión, elementos fundamentales para su diagnóstico, clasificaciones, en la unidad X se trata de la prevención e intercepción de maloclusiones, abarca conceptos de ortodoncia preventiva, interceptiva y correctiva y aparatología cada tipo de ortodoncia.

En el tema de ortodoncia interceptiva se abordan los principios biomecánicos en el movimiento dentario. Las fuerzas fisiológicas y fuerzas ortodónticas, respuesta tisular ante el movimiento ortodóntico.

En cuanto al componente de laboratorio el cual tiene una duración de 38 semanas en las cuales se deben de integrar los conocimientos teórico-metodológicos para el diseño y elaboración de aparatología ortodóntica preventiva e interceptiva de acuerdo a los principios de crecimiento y desarrollo del sistema estomatognático.

En el contenido temático de ortodoncia se encuentra el diseño y construcción de aparatos ortodónticos preventivos e interceptivos, principios biomecánicos aplicados a la ortodoncia interceptiva, diseño y elaboración de aparatos ortodónticos preventivos e interceptivos.

A pesar del gran contenido temático como el mismo programa lo dice su enseñanza y aprendizaje es básico para abordar a fondo en cada tema pues solo se tienen 38 semanas para cubrir todo el contenido teórico-práctico.

2.7. Fotoelasticidad

La fotoelasticidad es una técnica experimental utilizada para analizar y describir la distribución de esfuerzos ejercidos en cuerpos específicos (materiales birrefringentes) que son sometidos a fuerzas, partiendo de patrones de franjas isocrómicas e isoclínicas.¹⁴

Este fenómeno se basa en la propiedad de determinados materiales transparentes que, cuando se observan a través de una luz polarizada, exhiben diversos patrones de colores llamados isocromas. Este efecto es resultante de la refracción que la luz polarizada sufre cuando está en contacto con las deformaciones internas resultantes del estado de esfuerzo ejercido en el modelo.¹⁵

Es así como la visualización de este fenómeno en todos sus puntos de vista del modelo es lo que permite la creación de los patrones de franjas de color.¹⁶

Gracias a la fotoelasticidad podemos realizar procesos tales como:

- Identificación inmediata de regiones con sobreesfuerzos.
- Medidas de picos y distribución de esfuerzos alrededor de agujeros, muescas y sitios potenciales a posibles fallos.
- Identificación y medición de esfuerzos residuales.
- Detectar el rendimiento y observación de la redistribución de esfuerzos en el material que está siendo formado.¹⁷

La fotoelasticidad se usa principalmente para el estudio de objetos de forma irregular y esfuerzos localizados. Nos da la facilidad de ver cualitativamente las características y zonas localizadas de las fuerzas que se aplican en un objeto por medio de la luz.¹⁸

En 1816, David Brewster descubrió que cuando se aplicaba fuerza a una pieza de vidrio y esta era observada mediante luz polarizada aparecía un dibujo brillantemente coloreado, producto de las tensiones provocadas sobre las piezas.¹⁹

2.8. Método fotoelástico en odontología

La primera vez que se hizo uso de la fotoelasticidad en odontología fue en el año de 1935 por Zak, quien observaba las fuerzas que se ejercían sobre los dientes al haberse colocado algún aparato de ortodoncia y que observó Glickman en los últimos años. Mismo que empleó técnicas fotoelásticas para ilustrar los efectos de las fuerzas oclusales sobre el periodonto. Caputo et al. (1974-1976) aplicaron estas técnicas de fotoelasticidad en la ortodoncia, así como en el área protésica y preventiva.¹⁹

La fotoelasticidad nos permite localizar las zonas de carga ejercida, su distribución y dirección al utilizar aparatos de ortodoncia.¹²

La aplicación de fuerzas verticales y/o oblicuas en los modelos fotoelásticos tridimensionales representativos de dientes sanos o con diferentes tipos de preparaciones genera alteraciones en la estructura del material. Los lugares de concentración de la tensión en piezas dentarias pueden ser identificados a través de haces divergentes de luz polarizada.⁷

2.9. Antecedentes del uso de fotoelasticidad en odontología

- Jaimes M, et.al (2009) realizaron un Análisis fotoelástico descriptivo de dos diferentes diseños de implantes endoóseos sometidos a carga de compresión vertical en el que obtuvieron que los Implantes de configuración cónica y hexágono interno largo (Master Conect Cónico 4,13×13 mm) concentró las tensiones en apical sin distribuir a región medio y cervical. Por otra parte, el implante de configuración cilíndrica (Titamax Ti Médula 3,75×13 mm) presentó distribución de esfuerzos en los tercios apical medio y cervical.²⁰

- Dobranszki A., et.al. (2010) elaboraron un modelo que simula el hueso alveolar en los cuales se colocaron dos mini implantes uno cilíndrico y uno cónico y resultó que, la distribución de esfuerzos es diferente en la superficie de la resina en contacto con los hilos roscados de los mini implantes cilíndricos y cónicos cuando se someten a carga lateral y torsión de inserción.²¹
- Claro, et al. (2011) estudiaron la distribución de estrés por la intrusión de los incisivos centrales y encontraron que las mayores cargas de concentración se localizaron en la región cervical, así mismo, los incisivos centrales fueron los que tuvieron la mayor concentración de esfuerzos.²²
- Claro (2014) en su estudio de comparación de los anclajes dentales y esqueléticos en la retracción canina concluyeron que el uso del anclaje esquelético en la retracción canina causó mayor estrés en el tercio apical que el uso de anclaje dental, que indica un componente intrusivo resultante de la dirección de la fuerza debida a la posición del mini implante y el gancho de soporte del canino.²³
- Sobral, et.al. (2014) estudiaron el estrés generado por los alambres utilizados en los brackets convencionales y los autoligados concluyendo que los convencionales producen mayor tensión que los autoligados.²⁴
- Schwertner (2016) realizaron un estudio in vitro con técnica fotoelástica para analizar el estrés generado por un arco de intrusión, indicando que había una tendencia a la mesialización de la raíz de los primeros molares.²⁵
- Abrao (2018) realizaron 4 diferentes técnicas en cuatro modelos fotoelásticos para el reposicionamiento del segundo molar: un mini tornillo colocado en la región retromolar, un resorte en voladizo de aleación de beta-titanio, un alambre de aleación de beta-titanio con un resorte de lazo en T y un arco de acero inoxidable de 0.018 pulgadas con un resorte helicoidal abierto entre el segundo premolar y el segundo molar, encontraron que la acción mecánica del mini tornillo fue la menor y que la acción mecánica del resorte en voladizo tuvo la mayor tensión en las raíces del segundo molar. ⁹

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ortodoncia interceptiva ha sido utilizada desde hace tiempo en la prevención y corrección de la mal posición dentaria, sin embargo, la enseñanza del uso y fabricación de los aparatos en ocasiones es relativamente empírica a nivel pregrado, en el sentido de que se demuestra morfológicamente como son los aparatos y la función que se cree que tienen. El siguiente paso es la colocación clínica y esperar a ver el resultado en el paciente. Es decir que, los efectos de los posibles errores en el diseño no se ven sino hasta que ya suceden y se expresan en los pacientes. Hasta el momento no existen elementos didácticos que demuestran físicamente los efectos de las cargas ejercidas por los aparatos de ortodoncia interceptiva.

La fotoelasticidad es una técnica óptica que por medio de materiales birrefringentes permite observar los efectos de cargas ejercidas en un modelo. En odontología y específicamente en ortodoncia se ha utilizado como medio de análisis en la investigación del funcionamiento de aparatos y técnicas.

Lo anterior genera las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo un modelo basado en fotoelasticidad es adecuado para analizar la concentración de esfuerzos óseo-dentarios generados por la activación de la placa Schwartz en abanico?
2. ¿Cómo puede dicho modelo aportar al proceso enseñanza-aprendizaje de alumnos de pregrado?

4. HIPÓTESIS

H₁. El modelo didáctico generado permite la observación de las zonas de concentración de esfuerzos durante la activación de la placa Schwartz en abanico.

H₂. El modelo favorece el aprendizaje de técnicas de ortodoncia interceptiva en alumnos de pregrado.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo didáctico fotoelástico para el análisis cualitativo del movimiento óseo dentario generado por la activación de aparatos de ortodoncia interceptiva.

5.2. Objetivos Específicos

- Reproducir un modelo de maloclusiones en dentición infantil o mixta para la construcción del aparato ortodóntico adecuado al caso.
- Reproducir el modelo en resina fotoelástica para montar el aparato y activarlo.
- Observar por medio del polariscopio las isocromas generadas antes y después de la activación del aparato ortodóntico.
- Analizar las imágenes obtenidas con relación al movimiento óseo dental.
- Realizar un piloto con alumnos de pregrado al mostrar el funcionamiento del dispositivo y encuestarlos sobre el impacto en su aprendizaje.

6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1. Tipo de estudio

Observacional, prolectivo, transversal, comparativo.

6.2. Población de estudio / muestra

Modelos clínicos y 30 alumnos de pregrado.

6.3. Variables

6.3.1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Tipo y escala de medición	Operacionalización
Isocromas presentes en el modelo por la activación de la placa	Líneas de colores observadas en el modelo por el cambio en la fuerza interna	Cualitativa, nominal	Zonas con isocromas presentes y dirección de las mismas
Modelos fotoelásticos	Forma de resina transparente con propiedades de birrefringencia.	Cualitativa nominal	

6.4. Materiales

- Agua
- Alginato
- Yeso
- Espátula para alginato y yeso
- Taza de hule
- (3) Tornillo expansor en abanico
- Alambre de calibre 0.28
- Ganchos de bola del 0.28
- Separador yeso acrílico
- Pincel

- Hoja de bisturí
- Mango de bisturí
- Monómero
- Acrílico
- Pinzas de corte pesado
- Pinzas 139
- Pinzas tres picos
- Espátula para cera
- Lámpara de alcohol
- Fresones
- Motor
- Silicón industrial
- Desmoldante
- Resina fotoelástica
- Polariscopio
- Cámara

6.5. Técnicas

6.5.1. Modelos de estudio

Se seleccionaron los pacientes que cumplieran con las características para colocación de algún aparato de ortodoncia interceptiva, se les tomaron impresiones anatómicas para obtener los modelos de estudio y se realizó análisis de modelos de Tanaka-Johnston para elegir el tipo de aparato que sería utilizado.

6.5.2. Placa de expansión

Se procedió a la confección del aparato correspondiente a la maloclusión del paciente (placa Schwartz en abanico). Fue necesario elaborar ganchos Adams y de bola, además de un arco vestibular. Se colocó separador yeso acrílico al modelo de trabajo, se colocaron los ganchos, el arco y el tornillo expansor en abanico en posición para cubrirlos con acrílico. Después el aparato fue extraído del modelo de trabajo para el recorte de excedentes y corte transversal para permitir el movimiento del tornillo (Fig. 3).

6.5.3. Modelo fotoelástico

Continuó el vaciado de los modelos fotoelásticos a través de moldes de silicón (resina epóxica Cristal Líquido Epoliglas AWS 520).

Una vez duplicados los modelos se observaron en el polariscopio para revisar que no existieran esfuerzos residuales sin la colocación del aparato. Después se les colocó la placa Schwartz para observar las tensiones provocadas antes y después de cada activación.



Fig. 3 placa de expansión en abanico de dos piezas. Fuente: propia

6.5.4. Ensayo de fotoelasticidad

El análisis de la distribución de las tensiones producidas en los modelos fotoelásticos fue realizada a través de imágenes obtenidas del polariscopio, este nos permitió registrar fotográficamente las franjas isocrómicas producidas en el momento de la aplicación de la carga sobre los modelos (fig. 4). Registros fotográficos fueron realizados en tres momentos, antes, durante la colocación y activación del aparato. Cada modelo fue sometido a carga a partir de la colocación de la placa y tras cada activación del tornillo en abanico.

A través del análisis fotoelástico fue posible evaluar descriptivamente la magnitud y dirección de las fuerzas generadas sobre el modelo a medida que la carga era

aplicada en este caso tras cada activación del tornillo y puede ser observada a través de una escala de colores.



Fig. 4. Modelo fotoelástico de arcada superior. Fuente: propia

6.5.5. Clase con alumnos de pregrado

Se realizó una encuesta para presentarla en una clase a los alumnos de pregrado de la carrera de Cirujano Dentista de la FES Zaragoza, con la finalidad de saber que conocimiento tienen los alumnos en cuanto al movimiento óseo-dental que ejercen los aparatos de ortodoncia interceptiva desde su colocación o si están mal elaborados y tras cada activación. A través de una clase se demostró como sucede este movimiento por medio de un modelo fotoelástico tridimensional. Posteriormente se realizó un cuestionario de opinión sobre la técnica y las aportaciones a su aprendizaje²⁶. Anexos 1 y 2

7. RESULTADOS

A partir de la evidencia fotográfica se obtuvieron los siguientes resultados:

CASO 1

El modelo fotoelástico presentó concentración de esfuerzos a causa del diseño del aparato a nivel de segundo molar (Fig.5), donde el gancho Adams ejercía carga en

esa zona, sin necesidad de activar el aparato y que durante el proceso de expansión será ahí donde tenga mayor concentración de esfuerzos.

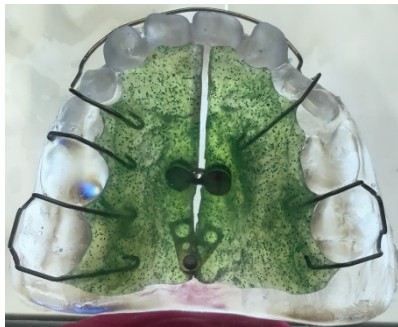


Fig. 5 modelo fotoelástico con aparato sin activación, fuente: propia

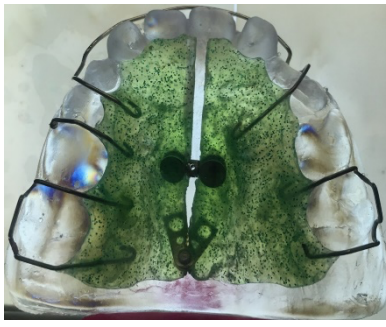


Fig. 6 modelo fotoelástico con aparato con 1ª activación, fuente: propia

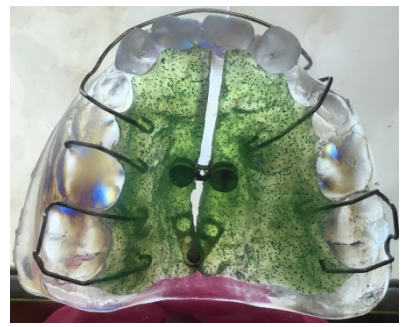


Fig. 7 modelo fotoelástico con aparato 2ª activación, fuente: propia

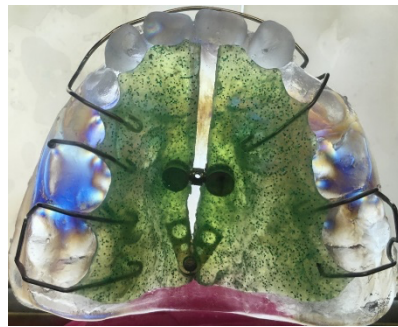


Fig. 8 modelo fotoelástico con aparato en 3ª activación, fuente: propia.

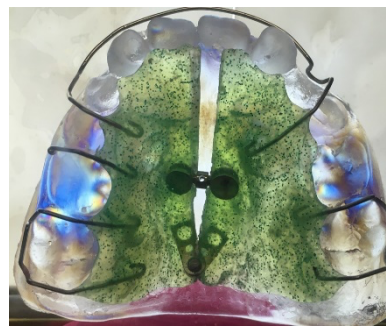


Fig. 9 modelo fotoelástico con aparato en 4ª activación, fuente: propia

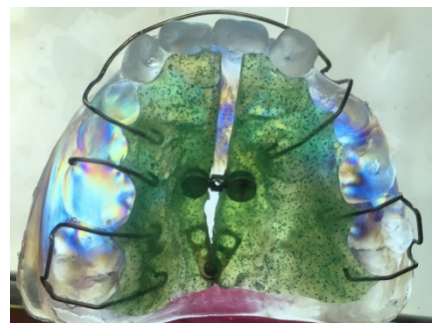


Fig. 10 modelo fotoelástico con aparato en 5ª activación, fuente: propia.

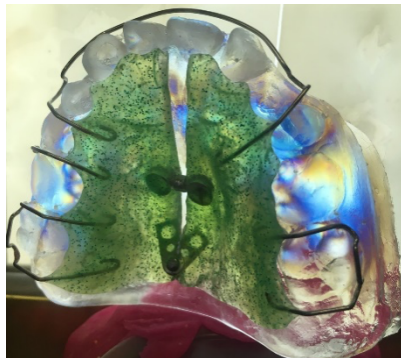


Fig. 11 modelo fotoelástico con aparato en 5ª activación vista de lado izquierdo, fuente: propia.

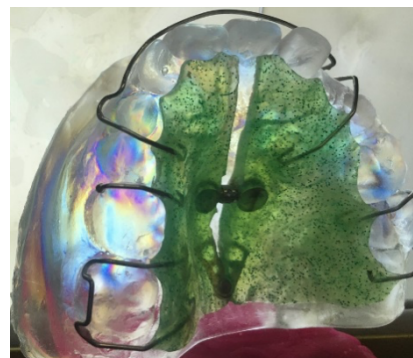


Fig. 12 modelo fotoelástico con aparato en 5ª activación vista de lado derecho, fuente: propia.

En la primera activación comienza a verse el esfuerzo a nivel posterior a la altura del tornillo y sólo se nota a nivel coronal (Fig. 6); a partir de la segunda activación la tensión es más marcada (Fig. 7). Las isocromas son más amplias.

En la tercera y cuarta activación el esfuerzo comienza a verse en el soporte óseo y la sutura palatina, la distribución es más uniforme, el esfuerzo va desde el canino hasta el primer molar permanente solo por mesial (fig. 8 y 9).

En la quinta activación las zonas de concentración de esfuerzos se ven más distribuidas e incluso abarca la aparte anterior y al voltear el modelo se observan también a nivel de soporte óseo, pero las tensiones no son las mismas del lado derecho que del izquierdo.

CASO 2

El modelo fotoelástico está libre de esfuerzos al momento de colocar el aparato sin activación (fig. 13).

Con la primera activación del tornillo son apenas perceptibles las zonas donde comienzan las fuerzas (fig. 14).

Es a partir de la segunda activación que ya son más visibles las zonas de concentración de esfuerzos y esto ocurre en los dientes posteriores a nivel del tornillo de expansión (fig. 15).

En la tercera y cuarta activación (fig. 16 y 17) el esfuerzo comienza a verse en el soporte óseo y la sutura palatina, la tensión se ve más marcada del lado izquierdo del paciente que del derecho.

A partir de la quinta activación (fig. 18) las zonas de concentración de esfuerzos se ven más distribuidas y concentradas (fig. 19), llegando hasta los premolares, al girar el modelo se observa mayor concentración de esfuerzos a nivel del soporte óseo del lado izquierdo que del derecho (fig. 20 y 21).

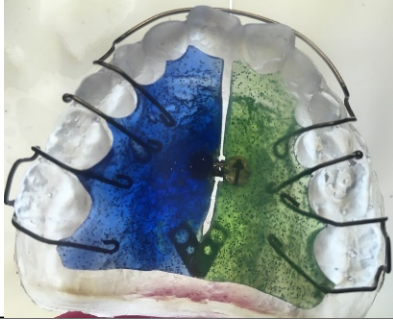


Fig. 13 Modelo Fotoelástico con aparato sin activación, fuente: propia.

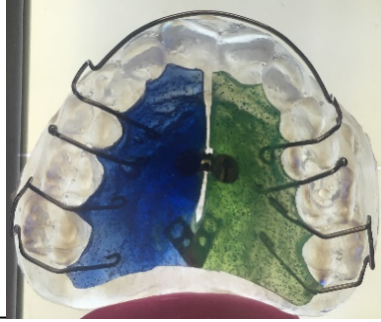


Fig. 14 Modelo fotoelástico con aparato con 1ª activación, fuente: propia.

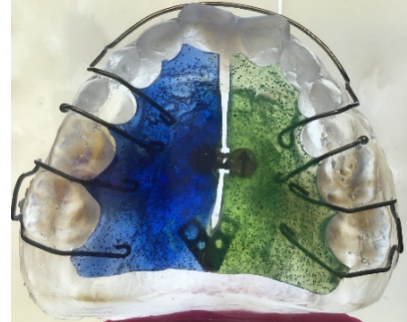


Fig. 15 Modelo fotoelástico con aparato con 2ª activación, fuente: propia.



Fig. 16 Modelo fotoelástico con aparato con 3ª activación, fuente: propia.

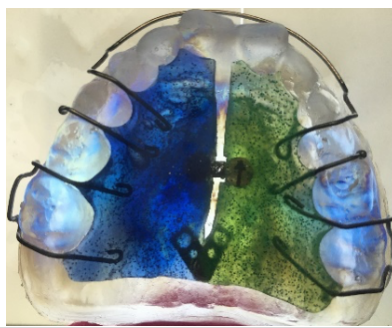


Fig. 17 Modelo fotoelástico con aparato con 4ª activación, fuente: propia.

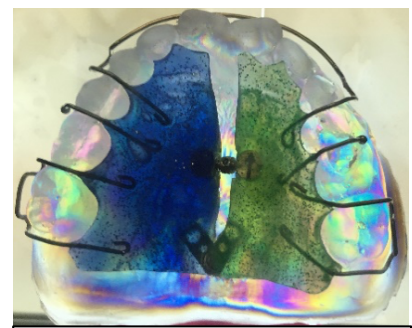


Fig. 18 Modelo fotoelástico con aparato con 5ª activación, fuente: propia

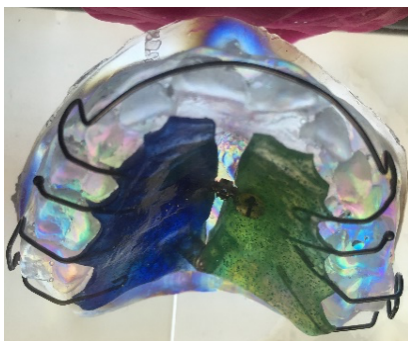


Fig. 19 Modelo fotoelástico con aparato con 5ª activación en sutura palatina, fuente: propia.

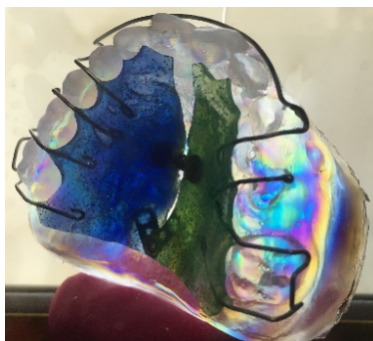


Fig. 20 Modelo fotoelástico con aparato con 5ª activación vista de lado izquierdo, fuente: propia.

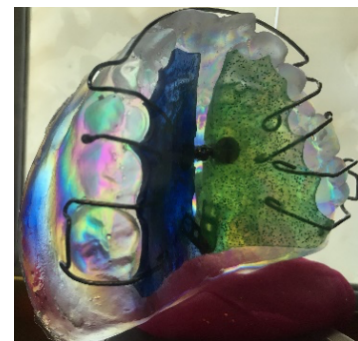
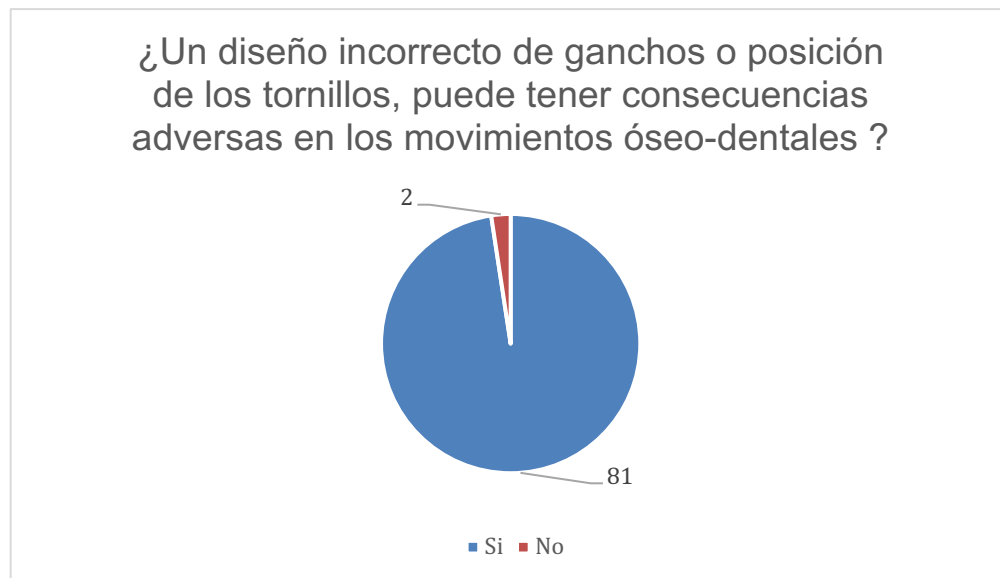


Fig. 21 Modelo fotoelástico con aparato con 5ª activación vista de lado derecho, fuente: propia

CONFERENCIA CON ALUMNOS DE PREGRADO

Participaron un total de 83 alumnos de la carrera de Cirujano Dentista de los que 35% se encuentran en 2º. grado, el 25% de 3º, 29% de 4º, 9% pasantes y 2% alumnos con carrera técnica afín a la odontología. 83% de ellos nunca habían escuchado hablar de la fotoelasticidad. Antes de la plática se les cuestiono acerca de las referencias que usan para fabricar los aparatos de ortodoncia, 64% de ellos reportó no usar ninguna referencia, de igual forma si ellos creen que las variaciones que sufren del diseño inicial pudieran tener consecuencias, 47% de ellos creen que si y el 53% de ellos piensan que no las tendrían o bien que tal vez si pero no saben cuál podría ser, por último en cuanto tiempo podrían notar dichas consecuencias en un paciente, 27% opinan que inmediatamente, 43% después de días, 26% después de meses y 5% al finalizar el tratamiento.

Posterior a la plática los alumnos respondieron un cuestionario donde los resultados fueron los siguientes: El 100% de los alumnos opinan que el uso de los modelos fotoelásticos aportó conocimiento nuevo sobre los aparatos, su funcionamiento y fabricación, así como la observación de los esfuerzos generados durante las activaciones. En cuanto a las posibles consecuencias de los errores en el diseño la siguiente gráfica muestra el cambio de opinión, ya que solo 2 alumnos siguen pensando que no existirían consecuencias por un mal diseño de los aparatos.



Algunas de las consecuencias mencionadas son la pérdida de hueso, reabsorción radicular, movimiento incorrecto, fracturas, exfoliación temprana o problemas de ATM.

En cuanto a la evaluación del funcionamiento del aparato 73% contestaron correctamente.

El 98% de los alumnos recomendaría el uso de los modelos fotoelásticos para el aprendizaje, 40% de ellos opinan que no podrían obtener la misma información que con los modelos fotoelásticos. 80 de los alumnos sugirieron la aplicación de esta tecnología en temas como: prótesis, ATM, otros aparatos, análisis de tratamientos, patologías oclusales, resistencia de materiales de restauración, implantes ortodónticos, bruxismo y prótesis maxilofacial.

DISCUSIÓN

A través de este estudio fue posible analizar la distribución de esfuerzos en dos diferentes modelos con la colocación y tras cada activación de la placa Schwartz en abanico. El método fotoelástico presenta como ventaja la obtención de información visual directa sobre el patrón de esfuerzos que ocurre en un modelo confeccionado con resina fotoelástica posterior a la aplicación de cargas, en este caso provenientes del aparato ortodóntico.

Los resultados presentaron diferencias en la distribución de esfuerzos, a pesar de ser sometidos a la misma carga, pues los errores de diseño como las inclinaciones incorrectas, la presión innecesaria de los ganchos o cavidades en los dientes interfieren directamente en la distribución de concentración de esfuerzos desde la colocación del aparato sin activación y tras cada una; que no podemos ver en un modelo de yeso ya que no refleja las fuerzas que puedan existir durante la elaboración del aparato. Esto nos ayuda a comprender la funcionalidad de los aparatos antes de ser colocados en el paciente y así mismo evitar iatrogenias.

Claro *et. al.* (2014) Plantea un estudio para comparar los anclajes dentales y esqueléticos en la retracción del canino mandibular mediante un análisis de distribución de esfuerzos, encontraron que, el uso de anclaje esquelético en retracción canina provocó mayor estrés en el tercio apical que el uso de anclaje

dental, lo que indica un componente intrusivo resultante de la dirección de la fuerza debido a la posición del mini implante y el gancho del bracket del canino

En nuestro trabajo encontramos que si un gancho está bien confeccionado y colocado la concentración de esfuerzos comienza a generarse de manera uniforme desde la corona hasta el soporte óseo conforme suceden las activaciones, en comparación de uno que desde su fabricación genera tensión, provocando una distribución desbalanceada en el soporte óseo.

En un estudio realizado por Sobral et. al. (2014) sobre el estrés generado por los alambres utilizados en los brackets convencionales y los autoligados, afirman que los convencionales producen mayor concentración de esfuerzos que los autoligados, ya que los calibres y formas son diferentes, así como la diferencia en la colocación de cada tipo de brackets, lo que coincide a lo obtenido en el presente trabajo debido a que por la posición de los ganchos se concentró mayor tensión a diferencia de los que estuvieron en buena posición desde el inicio.

Zaparolli et. al. (2017) mediante su estudio “Análisis fotoelástico de prótesis fijas implantosoportadas de arcada completa mandibular realizadas con diferentes materiales de barra y técnicas de fabricación.” obtuvieron que una menor sobrecarga de los componentes de los implantes conducía a la preservación de la estructura de soporte. En nuestro estudio no existe una distribución uniforme de las cargas lo que podría alterar el movimiento inducido de forma dispar de lado a lado. En el estudio realizado por Schwertner A. et. al. (2017) en el que se evaluó el estrés generado en las regiones apical y media de las raíces de los dientes anteriores superiores y primeros molares superiores. A través de la fabricación de cinco modelos, en los que se correlacionaron dos situaciones clínicas diferentes, obtuvieron diferencias en el estrés entre los grupos en la región molar, lo que indica que había una tendencia hacia la inclinación de la raíz mesial de los primeros molares cuando el extremo distal del Arco de Intrusión de Connecticut (CIA) no estaba ceñido hacia atrás. En nuestro estudio nos dimos cuenta de que la concentración de esfuerzos en cada arcada no se distribuye de igual manera y esto depende de que exista o no algún esfuerzo residual o la posición de los ganchos o tornillo no se encuentren a una misma altura.

En ambos casos se observó que a partir de la tercera y cuarta activación el estrés se ve reflejado en la zona del soporte óseo.

Además de la tensión de los ganchos otro motivo por el que puede desbalancearse la carga es la presencia de cavidades dentales, lo que podría arriesgar la integridad en el momento de recibir el estrés. Algunos autores como Pereira²⁷ y López²⁸ han estudiado la distribución de estrés en dientes con cavidades demostrando que existe diferencia solo por existir la cavidad, lo que para el caso de nuestro estudio representa una mayor concentración de estrés en el diente afectado.

En cuanto a la perspectiva de los alumnos sobre el uso de los modelos fotoelásticos se logró despertar el interés, se observó que puede aportar información extra que complementa lo que actualmente se ofrece. Se modificó la perspectiva del funcionamiento del aparato, reforzando conocimientos, pero también aportando nuevos datos sobre el comportamiento biomecánico. Al igual que para los alumnos de carreras como ingeniería podría facilitar la comprensión de los fenómenos mecánicos. Esta prueba podría considerarse un parteaguas para ampliar la muestra de alumnos, los temas y la comparación con grupos control para lograr la validación del mejoramiento del aprendizaje o no, así como respaldar su uso.

8. CONCLUSIONES

- El modelo nos permite observar las zonas de concentración de esfuerzo en los elementos del aparato desde que es colocado y en cada activación.
- Es posible el análisis de la dirección y magnitud de esfuerzo. En este aparato la tensión comienza a nivel de segundo molar temporal.
- Se hace evidente como influyen la posición dental, el diseño de los ganchos e incluso los dientes que tienen algún defecto o cavidad.
- Se permite ampliar la perspectiva y la información para los alumnos, así como despertar el interés para utilizar tecnologías innovadoras en el aprendizaje.

9. PERSPECTIVAS

Bajo las limitaciones del estudio se recomienda continuar con la investigación y desarrollo de otros modelos fotoelásticos, así como el análisis de la aportación que puede representar como modelo didáctico y la viabilidad y/o validación de su uso.

10. REFERENCIAS

- ¹ Gonzáles N, García LR. Personalidades de la Ortodoncia en el mundo. *Revista de Información Científica*. 2011;70(2):3
- ² Martínez BS. Ortodoncia. *Manual de Ortodoncia*. 2011;0:1-80
- ³ Carrasco M, Mendoza AM, Andrade FM. Implementación de la ortodoncia interceptiva. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*. 2017; 4(1):332-340.
- ⁴ Saldaña L. Pérdida prematura de molares primarios: mantenedores de espacio para interceptar maloclusiones en niños de edad escolar [licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Odontología; 2015
- ⁵ Segovia, LT. Maldonado, JM. Moreno, OF. Ortodoncia Interceptiva aplicada al crecimiento de un paciente con Mordida Cruzada Anterior. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. 2015
- ⁶ Gutiérrez M, López A, Sánchez T. Frecuencia de aparatos utilizados en tratamientos de ortodoncia interceptiva. *Revista Científica Odontológica* 2017: 13(2); 1-5.
- ⁷ Butzke LF. Herbstrith RM. Gonçalves E. Grossi M. Configuración cavitaria: análisis fotoelástico de la concentración y distribución de tensiones. *Acta Odontologica Venezolana*. 2007;45(4):1-7
- ⁸ Gualli, JA. Sistema de Invisaling, Nueva Alternativa para Tratamiento de Ortodoncia. [licenciatura]. Universidad de Guayaquil Facultad Piloto de Odontología; 2015.
- ⁹ Abrao AF. Golghetto R. Batista J. Cruz D. Abrao J. Photoelastic analysis of stress distribution in mandibular second molar roots caused by several uprighting mechanics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2018; 153(3):415-421.
- ¹⁰ Martínez D. Análisis de la fuerza que se ejerce al activar los tornillos (unidireccional, bidireccional, triple y de abanico) en las placas activas [licenciatura]. Facultad de Odontología Universidad Nacional Autónoma de México; 2019
- ¹¹ Canut Brusola J. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier-Masson; 2009.
- ¹² Grohmann U. Aparatología en Ortopedia Funcional. 1ª. Ed. Caracas: Amolca; 2002.
- ¹³ Graber T, Neumann B. Aparatología ortodóntica removible. 2nd ed. Buenos Aires [etc.]: Editorial Médica Panamericana; 1991
- ¹⁴ Briñes J, Restrepo A, López F. Estudios de fotoelasticidad: desarrollos y aplicaciones. *Revista Politécnica [Internet]*. 2013.
- ¹⁵ Brieva, MA. Estudio de tensiones residuales mediante fotoelasticidad en piezas de poliestireno cristal moldeadas por inyección. Proyecto de grado. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. 2011
- ¹⁶ Urango J, Carmen G, Briñes J, Restrepo A. Validación del uso de fotoelasticidad como herramienta para los cursos de mecánica de sólidos. *Revista EIA [Internet]*. 2017.
- ¹⁷ Cloud G. Optical methods in experimental mechanics: Part 50: Measuring phase difference-part VI: Phase unwrapping and determining displacement. *Experimental Techniques [Internet]*.
- ¹⁸ Sánchez, LM. Laboratorio de fotoelasticidad para los estudiantes de Ingeniería Mecánica Universidad de San Carlos. [licenciatura]. Facultad de Ingeniería. 2006
- ¹⁹ Labaig C. Biodinámica de los ataches utilizadas en sobre dentaduras: análisis experimental con fotoelasticidad. Valencia [tesis doctoral]. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia. 1992.
- ²⁰ Jaimes M, Duque de Miranda Chaves Netto H, Olate S, Mazzonetto R, Albergaria Barbosa J. Análisis fotoelástico descriptivo de dos diferentes diseños de implantes endoóseos sometidos a carga de compresión vertical. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral [Internet]*. 2009; 21(3):140.
- ²¹ Dobranszki A, Levy Neto F, Dobranszki NC, Vuolo JH, Laboissière JA. Distribuição de tensões em mini-implantes ortodônticos. *Rev Mater*. 2010;15(3):405–12.

-
- ²² Claro CA, Abrão J, Laganá DC, Reis SAB. Stress distribution in a photoelastic model resulting from intrusion of mandibular incisors using Ricketts utility arch. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(5):89–97.
- ²³ Claro CA de A, Chagas RV, Neves ACEC, Silva-Concílio LR da. Comparative photoelastic study of dental and skeletal anchorages in the canine retraction. *Dental Press J Orthod.* 2014;19(1):100–5.
- ²⁴ Sobral GC, Vedovello Filho M, Degan VV, Santamaria Jr M. Photoelastic analysis of stress generated by wires when conventional and self-ligating brackets are used: A pilot study. *Dental Press J Orthod.* 2014;19(5):74–8.
- ²⁵ Schwertner A, Almeida RR de, Gonini Jr A, Almeida MR de. Photoelastic analysis of stress generated by Connecticut Intrusion Arch (CIA). *Dental Press J Orthod.* 2017;22(1):57–64.
- ²⁶ Pérez U, Camilo J, Motta C, León B De, Carlos J, Del V, et al. Validation of the Usage of Photoelasticity As a Tool for the Courses of Solid Mechanics. *Rev EIA* 2017;14(28):117–131
- ²⁷ Pereira R, Giorgi MCC, Lins RBE, Dias Theobaldo J, Lima DANL, Marchi GM, et al. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites. *Clin Cosmet Investig Dent* 2018;10:287–296.
- ²⁸ Lopes LG, Franco EB, Pereira JC, Mondelli RFL. Effect of light-curing units and activation mode on polymerization shrinkage and shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci* 2008;16(1):35–42

ANEXO 1

Registro al curso de profundización de conocimientos: Modelos fotoelásticos para comprender la biomecánica en ortodoncia (Placa Swartz en abanico)

*Obligatorio

1. Correo *

2. Avance en la carrera *

Marca solo un óvalo.

2o año

3er año

4o año

Pasante

Carrera técnica

3. Para la fabricación de aparatos de ortodoncia que incluyen tornillos o ganchos ¿utilizas alguna medida o referencia especial al colocarlos? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

4. Si la respuesta es Sí, describe ¿Cómo lo haces? *

5. ¿Crees que tendría alguna consecuencia la variación en el diseño inicial? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Tal vez pero no se cuál

6. Si hubiera alguna consecuencia en el paciente ¿Cuándo crees que podrías notarlo? *

Marca solo un óvalo.

- Inmediatamente al colocar el aparato
- Días después de colocar el aparato
- Meses después de colocar el aparato
- No lo vería hasta el final del tratamiento

7. ¿Te parece que la información y los materiales usados en tus clases fueron suficientes para conocer el funcionamiento de los aparatos de ortodoncia? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

8. ¿Por qué? *

9. ¿Has escuchado de la fotoelasticidad o los modelos fotoelásticos? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

ANEXO 2

Curso de profundización de conocimientos: Modelos fotoelásticos para comprender la biomecánica en ortodoncia (Placa Swartz en abanico)

Los datos de este cuestionario forman parte de una investigación en los métodos educativos utilizados en la carrera de Cirujano Dentista, agradecemos tu participación.

*Obligatorio

1. Correo *

2. Nombre completo que aparecerá en tu constancia (Utiliza mayúsculas y minúsculas y comienza por nombre) *

3. ¿Consideras que la presentación con los modelos fotoelásticos aportó conocimiento nuevo al que se da normalmente en la carrera? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

4. Si tu respuesta anterior fue Si ¿Qué consideras que te aportó? *

5. ¿Con qué modelos consideras que observas la misma información? *

6. Si los modelos fotoelásticos te ayudan a ver como se distribuye una fuerza aplicada
¿En qué otros temas de la carrera crees que podrian ayudarte este tipo de modelos?
*

7. ¿Un diseño incorrecto de ganchos o posición de los tornillos, puede tener consecuencias adversas en los movimientos óseo-dentales ? *

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

8. ¿Cuáles? *

9. En las primeras 2 activaciones de la placa, ¿Dónde se recibe la tensión que generará los primeros movimientos? *

Marca solo un óvalo.

- A nivel de las coronas dentales
 A nivel periodontal
 A nivel de la zona media del maxilar

10. ¿A partir de qué activación, el estímulo tensional se aplicará a nivel dento-alveolar? *

Marca solo un óvalo.

- Desde la 1a.
 Entre la 3a y 4a.
 De la 5a. en adelante

11. Recomendarías a tus compañeros el aprendizaje a través de este tipo de modelos? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

12. Si tuvieras la oportunidad de que diseñaran un modelo fotoelástico para tu uso, ¿qué propondrías que se estudiara en él? *
