

La Física y su aplicación en la Ortodoncia

Physics and its application in Orthodontics

Yadira Socarrás Laguna¹ (yadiraslaguna@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-8049-1345>)

Yusnier López Rodríguez² (yusnierlopezr82@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0009-9567-377X>)

Resumen

El tratamiento ortodóntico depende de la reacción de los dientes, y en un sentido más amplio, de las estructuras faciales, a la aplicación de fuerzas leves, pero persistente. El conocimiento de varios conceptos físicos y su aplicación clínica en Ortodoncia es de vital interés para los profesionales del ramo. Este artículo tiene como objetivo fundamentar la importancia del aprendizaje de la aplicación de la Física en la Ortodoncia, y así reducir la duración del tratamiento, desarrollar planes terapéuticos más individualizados y lograr resultados más predecibles. Para ello se utilizaron métodos como el análisis-síntesis, inducción-deducción y la revisión de documentos como técnica. La aplicación correcta de estos principios aumenta la eficacia del tratamiento, ya que mejora la planificación y la prestación que brinda.

Palabras claves: física, ortodoncia, fuerza, dientes y biomecánica.

Abstract

Orthodontic treatment depends on the reaction of the teeth, and in a broader sense, of the facial structures, to the application of mild but persistent forces. Knowledge of various physical concepts and their clinical application in orthodontics is of vital interest to orthodontic professionals. This article aims to substantiate the importance of learning the application of physics in orthodontics, thus reducing the duration of treatment, developing more individualized therapeutic plans and achieving more predictable results. Methods such as analysis-synthesis, induction-deduction and document review were used as a technique. The correct application of these principles increases treatment efficacy by improving planning and delivery.

Key words: physics, orthodontics, strength, teeth and biomechanics

La historia y evolución de la Física y la Ortodoncia

La historia de la Física está marcada por la impronta de grandes científicos como Galileo Galilei e Isaac Newton, cuyos nombres entraron en la historia de la ciencia mundial. En el Siglo XVI Galileo fue el primero en el uso de experimentos para validar

¹ Especialista de Primer Grado en Estomatología General Integral y Ortodoncia. Profesora Asistente. Clínica Estomatológica Docente “3 de octubre”. Las Tunas. Cuba.

² Máster en Ciencias de la Educación. Licenciado en Educación Especialidad: Física-Electrónica. Facultad Obrero Campesina de la Educación de Jóvenes y Adultos. Las Tunas. Cuba.

las teorías de la Física. Se interesó en el movimiento de los astros y de los cuerpos. Con el telescopio observó que Júpiter tenía satélites girando a su alrededor (Bertran Prieto, 2021).

En el siglo XVII Newton formuló las Leyes clásicas de la Dinámica y la Ley de la Gravitación Universal (Rendón-Ríos, 2021).

A partir del siglo XVIII se produce el desarrollo de otras disciplinas tales como la Termodinámica, la Mecánica Estadística y la Física de fluidos. Ya en el XIX se producen avances fundamentales en la electricidad y magnetismo. Durante el siglo XX la Física se desarrolla plenamente y a medida que fue ampliándose lo que el hombre conocía, de esta se desprendieron diversas ramas. Hoy día son numerosas las ciencias que estudian sistemas y cambios relativos a la naturaleza.

En la actualidad comparte el estudio de algunos sistemas y cambios con otras ciencias y con determinadas ramas de la tecnología. Por ejemplo, el estudio de la estructura de los cuerpos, con disciplinas como la Química, la Biología, la Ingeniería de materiales, la Microelectrónica y la Ingeniería Genética y el estudio de los sistemas celestes, con la Astronomía, la Astrofísica, la Cosmología y Cosmonáutica. Al propio tiempo, varias áreas de las ciencias físicas son aplicadas a los tratamientos ortodóncicos.

Los orígenes de la Ortodoncia se remontan a las prácticas médicas de la antigüedad. El historiador de la época precristiana Herodoto, hace referencia al tema y en la época de Cristo, Aurelio Cornelio Celso citó, por primera vez, la presión del dedo para el tratamiento de los dientes (Puigbó, 2002).

En la antigua Grecia, enterraban a los muertos con los aparatos que se utilizaban para mantener el espacio y prevenir el colapso de la dentición durante la vida.

El objetivo primitivo de la ortodoncia fue fundamentalmente estético y solo se trataban los dientes anteriores por ser los más visibles y fáciles de mover. Numerosas veces no era posible colocar en posición correcta solo estos dientes, por lo que fue necesario comenzar a preocuparse por el arco dentario en su totalidad (Rubén Carlos, 2021).

Cuando se habla de la evolución de la ortodoncia hay que remontarse, obligatoriamente, a épocas muy distantes; desde 1580 se comienzan a incorporar a la universidad, estudiantes de odontología, los que se reconocían como cirujanos dentistas, en 1699, Pierre Fauchard fue el primero en obtener dicho título. No existe la duda de que Francia es el país de origen de la ortodoncia (Gallego Rodríguez, 2006).

La ortodoncia como ciencia se fue desarrollando con la incorporación de nuevos medios diagnósticos, técnicas, herramientas, y materiales como los alambres superelásticos y termoelásticos que han simplificado la biomecánica de los tratamientos y estos se han hecho más sencillos, rápidos y cómodos para el paciente, lo cual hace posible aplicar fuerzas ligeras y continuas en un período largo.

El presente artículo tiene como objetivo fundamentar la importancia del aprendizaje de la aplicación de la Física en la Ortodoncia, y así reducir la duración del tratamiento,

desarrollar planes terapéuticos más individualizados y lograr resultados más predecibles

Los principios de la Física tienen gran influencia en la Ortodoncia

La ortodoncia se basa en principios básicos de la Física relacionados con los cuerpos en movimiento en el espacio. Por supuesto, los movimientos en ortodoncia se hacen más complicados, ya que estos cuerpos móviles están en la boca y están sujetos a sistemas de fuerzas más complejas de lo que la mecánica simple puede predecir.

La ortodoncia es una ciencia que se encarga del estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de anomalías de forma, posición, relación y función de las estructuras dentomaxilares mediante el uso y control de diferentes tipos de fuerzas (Retrouvey y Kousaie, 2021).

La biomecánica ortodóncica posee un carácter interdisciplinar, pues involucra la cooperación de varias disciplinas, entre ellas la Física. De manera genérica, la Física es la ciencia que busca encontrar las leyes fundamentales que gobiernan los fenómenos de la naturaleza (Rojas, 2019).

Biomecánica

Para tener éxito en el tratamiento ortodóncico, se deben combinar dos factores: un buen plan de tratamiento y una excelente biomecánica. Los principios biomecánicos se contemplan dentro de una rama de la ingeniería y área de la Física denominada Mecánica, que describe los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos (dientes-hueso).

La base del tratamiento ortodóncico consiste en la aplicación clínica de los conceptos biomecánicos. El término se refiere a la parte de la mecánica que estudia los movimientos en relación con los sistemas biológicos. Los principios biomecánicos explican los mecanismos de acción de los aparatos ortodóncicos y del sistema de fuerzas utilizadas para los movimientos dentales. El uso del sentido común de estos conceptos puede ser benéfico para lograr tratamientos más predecibles, eficientes y estables.

Los principios de la Mecánica y del diseño estático son universales para todos los aparatos ortodóncicos y no cambian con el tiempo. Cuando se comprenden los principios físicos de la aparatología fija o removible, entonces será posible tener el conocimiento necesario para construir y colocar un aparato determinado. Quien llegue a comprender cómo funcionan estos principios de la Física, podrá diseñar, seleccionar y usar aparatos ortodóncicos de una manera más provechosa en beneficio del paciente.

La biomecánica es el área de las ciencias biológicas, principalmente en la Medicina y la Odontología, encargada de desarrollar aplicaciones mecánicas para resolver problemas de motricidad y funcionalidad. Por una parte, la biomecánica se fundamenta en principios mecánicos, según los cuales debe haber una correspondencia entre las propiedades de resistencia y de deformación de los materiales y aparatos utilizados, y

los sistemas biológicos que interactúan en la aplicación (Uribe Restrepo y Jiménez Majía, 2021).

La aplicación correcta de la biomecánica por parte del profesional de Ortodoncia, produce movimientos dentarios predecibles, una respuesta de los tejidos óptima y efectos colaterales mínimos. La necesidad de que los estudiantes de postgrado en Ortodoncia y los propios especialistas, se apropien de conocimientos sobre Biomecánica, radica en dotarlos de las bases científicas para dar explicación a los procedimientos a efectuar en el ejercicio profesional. De otra parte, el dominio de la Biomecánica ortodóntica permitirá al futuro profesional, identificar que aún detrás de los avances tecnológicos que van apareciendo, subyacen los mismos principios físicos.

En el caso concreto de la Ortodoncia las fuerzas que transmiten los brackets, alambres y elásticos al sistema dentomaxilar no deben exceder la capacidad de respuesta biológica del paciente, con el propósito de no producir desplazamientos irreversibles o dañinos en él.

Mecánica

La mecánica como tal es el área de las ciencias físicas que estudia el estado de equilibrio de los cuerpos, simples o compuestos, sometidos a diversas fuerzas (F) principalmente las de contacto y las gravitacionales. La mecánica se puede dividir a su vez, en mecánica directa y de los medios continuos, constituyendo esta última un modelo de estudio para los sistemas, que se pueden considerar completamente llenos de materia, ya se trate de fluidos o sólidos, como el caso de un diente o grupos de dientes, bien sea que estén en movimiento o en reposo, la misma se usa para describir las aplicaciones de F y M al movimiento dental, mediante aparatos fijos que se utilizan en las diferentes fases de tratamiento de ortodoncia (Díaz Rosado, 2021).

La Estática es una rama de la Mecánica que se ocupa de los cuerpos en reposo o que permanecen con una velocidad constante en magnitud y dirección. En estas circunstancias, se dice que la acción neta de las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo es nula (equilibrio). El sistema dentomaxilar tiende naturalmente a desarrollar condiciones estáticas a menos que se ejerza una acción externa desestabilizadora sobre él.

En contraste con la Estática, la Dinámica estudia el estado de los cuerpos que experimentan algún tipo de aceleración. Las condiciones estáticas de un cuerpo persisten, a menos que haya desequilibrio de las fuerzas externas que actúen sobre el cuerpo o sistema físico de interés.

La resistencia de los materiales es un área de la ciencia que se ocupa de estudiar la composición, estructuras y propiedades de los materiales con el propósito de someterlos a situaciones específicas de carga. Además, describe la relación existente entre fuerza y la tensión entre estos mismos permitiéndonos seleccionar los materiales más idóneos para ejercer una fuerza.

Un principio fundamental de las ciencias de los materiales consiste en reconocer que las propiedades que las caracterizan dependen de la estructura microscópica o molecular propia.

El ortodoncista con formación en Física básica, diseñador y analista utiliza como ayuda los diagramas del cuerpo libre para crear fuerza suave o moderada de desequilibrio en el sistema dentomaxilar con el fin de producir desplazamientos de los dientes o grupos de dientes (retracción, atracción, protracción) hasta lograr que este tenga una mejor posición y evitar efectos secundarios dañinos. Las velocidades de desplazamiento de los dientes o grupos de dientes son, por lo regular muy bajas y las situaciones provocadas por lo general se consideran cuasiestáticas.

En Ortodoncia los cuerpos de interés son los dientes, brackets y alambres como cuerpos rígidos y los tejidos circundantes flexibles como el hueso alveolar y los tejidos blandos. Entre los conceptos básicos con los que se trabaja en esta área se encuentran:

- Centro de resistencia (Cr): punto a través del cual debe pasar una fuerza, para mover un objeto libre en forma lineal. Todo cuerpo libre tiene un punto conocido como centro de masa, por lo tanto, siempre que la línea de acción de una fuerza pase por el centro de masa de un cuerpo libre en el espacio, este cuerpo sufrirá una traslación.

Un diente en la cavidad bucal no es un cuerpo libre porque sus tejidos periodontales de soporte lo frenan. El centro de resistencia es equivalente para los cuerpos libres. Cualquier fuerza que actúe a través del centro de resistencia de un diente hace que la pieza se traslade en cuerpo.



Imagen 1 Centro de resistencia del diente

- Centro de rotación: el centro de rotación de un diente, es el punto arbitrario que se ubica distante del centro de resistencia alrededor del cual el diente gira en dirección a la fuerza aplicada.

El centro de rotación puede estar cerca, pero nunca coincidirá con el centro de resistencia. En Ortodoncia, cuando el proceso de rotación tiene lugar alrededor del eje mayor del diente se denomina rotación o movimiento dental de primer

orden (movimiento dentro-fuera). Cuando la rotación se produce alrededor del eje mesiodistal, se denomina angulación o movimiento dental de segundo orden y si tiene lugar alrededor del eje vestibulolingual, se denomina torque o movimiento dental de tercer orden.

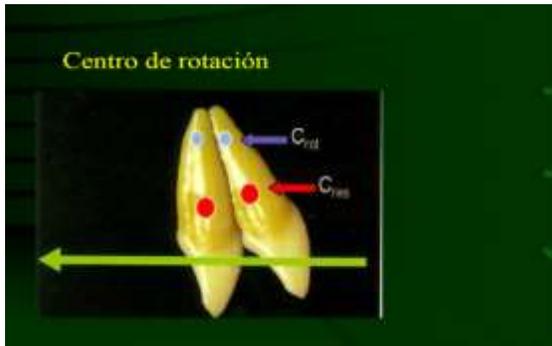


Imagen 2 Centro de rotación del diente

- Momento: se produce un momento, cuando la línea de acción de la fuerza pasa distante al centro de resistencia provocando una tendencia a rotar. Dicho de otra manera, una fuerza aplicada en un bracket que no actúa a través del centro de resistencia, produce la rotación de un diente.



Imagen 2 Momento del diente

Existen varios criterios sobre estos conceptos. Respecto al centro de resistencia este se encuentra entre el 24 a 35% de la longitud de la raíz iniciando de la cresta alveolar y en un periodonto sano con dientes intactos, el centro de resistencia se localiza entre 2/3 y 1/3 de la distancia a partir de la cresta alveolar hasta el ápice radicular. La ubicación del Cr depende del tamaño, forma de los dientes, número de raíces y la calidad de tejidos de soporte (periodonto). El centro de rotación en figuras bidimensionales, puede definirse como un punto alrededor del cual un cuerpo parece haber girado, según se determina a partir de sus posiciones inicial y final. Y el momento se define, como una tendencia a la rotación de un diente. Para producir un movimiento diferente de inclinación por la aplicación de una fuerza en el bracket, una tendencia rotacional debe ser adicionada (Fídhel Ramírez, 2019).

La fuerza en Ortodoncia

A la fuerza se le conoce como cualquier acción externa ejercida sobre un cuerpo capaz de variar el valor de su velocidad, la dirección y sentido de su movimiento. El efecto que esta provoca sobre un cuerpo, depende de su valor numérico, dirección, sentido y punto de aplicación. Es una magnitud física vectorial que presenta módulo, dirección y sentido.

En ortodoncia la fuerza es la acción ejercida por un cuerpo (alambres, resortes, elásticos) sobre otro cuerpo (dientes y hueso).

Los elementos que componen la fuerza son:

- Magnitud: es la cantidad de fuerza producida por las ansas, resortes o los elásticos.
- Dirección: es la recta que sigue o tiende a seguir la recta, y va desde mesial, distal, vestibular, lingual, gingival u oclusal.
- Sentido: las fuerzas pueden ser positivas o negativas y van de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo.
- Punto de aplicación: parte del cuerpo en donde se aplica la fuerza, en el caso de la ortodoncia son los brackets que están adheridos a la cara vestibular de los dientes.
- Módulo: sentido de la fuerza.

La fuerza se expresa en el producto de la masa por aceleración ($F=ma$)

Una fuerza es cualquier acción que resulte en el cambio en el movimiento de un objeto. Las fuerzas se miden en onzas, gramos o Newton (aproximadamente 100gr por 1 Newton en el planeta Tierra ya que la aceleración debida a la gravedad se considera constante e igual a 9.807m/s^2 . En Ortodoncia las fuerzas normalmente se expresan en gramos (gr) y su conversión a N es: $1\text{gr}=0.00981\text{N}$, o bien $1\text{N}=101.937\text{gr}$ (Retrouvey y Kousaie, 2021).

Principio de la transmisibilidad de fuerza

El punto de aplicación de una fuerza es independiente de su posición a lo largo de su línea de acción, el efecto de la fuerza que actúa sobre un diente es independiente de donde se aplique esta, a lo largo de su línea de acción.

El punto de aplicación y la dirección de la fuerza describe en la línea de acción y se puede aplicar la fuerza en cualquier punto de esta línea, para lograr el mismo efecto.

Según su efecto, las fuerzas pueden ser de varios tipos:

- Fuerzas tensibles: producen la elongación o estiramiento de un cuerpo, dependen de si estos son rígidos o flexibles.

- Fuerzas de compresión: producen el acortamiento de un cuerpo, dependen de si estos son rígidos o flexibles.
- Momentos de torsión: se presentan cuando las fuerzas se usan para torcer el cuerpo alrededor de su eje.

Es importante en ortodoncia conocer la diferencia entre un momento de torsión de un alambre redondo, rectangular y uno cuadrado, ya que esto dará lugar al torque. Los cuerpos rígidos son aquellos que no cambian su forma bajo la acción de una fuerza de tracción o de compresión y tiene masa y movimiento. Los dientes se pueden considerar como cuerpos rígidos.

Las fuerzas en ortodoncia pueden ser analizadas en relación con los dientes o en relación con los alambres. Las fuerzas que se aplican con los alambres se definen como fuerzas de activación y representan a las fuerzas necesarias para poder llevar el alambre de un estado pasivo a un estado activo. El ejemplo más común son las ansas o resortes que se diseñan para mover los dientes. Las que se transfieren a los dientes, son las fuerzas que se transfieren por el alambre al diente y se definen como fuerzas de desactivación. Son iguales y opuestas a las fuerzas de activación.

Las fuerzas en ortodoncia se pueden expresar con respecto a:

1. Un sistema de aparatos instalados en el paciente, que siempre está en equilibrio.



2. Fuerzas aplicadas sobre los brackets con respecto a otras fuerzas que son iguales y opuestas, pero producidas por los alambres.



El sistema de fuerzas utilizadas en los aparatos ortodónticos debe respetar algunos fundamentos mecánicos válidos para el movimiento de todos los cuerpos del universo.

Estos fundamentos fueron enunciados por Newton a partir de la observación de fenómenos de la naturaleza y se denominaron Leyes de la Dinámica. Las leyes describen el movimiento de un objeto cuando está sometido a fuerzas.

- Primera Ley de Newton: un cuerpo continúa en estado de reposo o en movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas que se ejerzan sobre él (cuerpo en equilibrio).
- Segunda Ley de Newton: la aceleración de un cuerpo (cambio de velocidad con el tiempo) es proporcional a la fuerza que produce y es inversamente proporcional a la masa del cuerpo. $F=ma$
- Tercer Ley de Newton: con cada acción o fuerza se produce una reacción igual y en dirección opuesta.

La segunda y tercera leyes de Newton son las más importantes en ortodoncia, ya que la mala posición dentaria no podrá resolverse jamás de forma espontánea, debido a esto se aplicarán fuerzas para su movimiento. En ortodoncia podemos afirmar que los dientes tienden a permanecer casi en reposo, a menos que sobre ellos se aplique una fuerza que produzca su desplazamiento.

Podemos aplicar diversas fuerzas con diferentes intensidades, todo depende del diente que vamos a mover. Dicho de otra manera, podemos afirmar que el diente se mueve en sentido de la fuerza aplicada y cuanto mayor es el volumen radicular del elemento dentario, mayor deberá ser la fuerza utilizada para producir su movimiento fisiológico.

En el tratamiento ortodóncico, si existe un “secreto”, es el de minimizar o eliminar el número de efectos secundarios indeseables o efectos colaterales, y para ello, estos efectos secundarios solo pueden evitarse si son entendidos e identificados plenamente.

En relación con las Leyes de Newton es necesario considerar la fuerza de atracción de la gravedad ya que influye en el análisis de los cuerpos que se encuentran en reposo y los cuerpos con desplazamiento vertical, es importante considerar el valor de la gravedad, si la gravedad es positiva o negativa. Esto es, cuando los cuerpos tienen un desplazamiento con una dirección verticalmente hacia arriba o verticalmente hacia abajo. Se puede considerar el valor de gravedad negativa si el cuerpo tiene un desplazamiento verticalmente hacia arriba y positiva si el cuerpo tiene una dirección verticalmente hacia abajo (Rendón-Ríos, 2021).

Las Leyes de Newton son muy importantes, ya que podemos analizar los cuerpos permaneciendo en reposo, cómo interactúan las fuerzas. De igual forma, al aplicar una fuerza externa a los cuerpos, observar su comportamiento, cómo es el desplazamiento de esos cuerpos, así como las magnitudes escalares y magnitudes vectoriales.

Consideraciones finales

El movimiento ortodóncico es el resultado de la aplicación de fuerzas a los dientes. Los dientes y sus estructuras de sostén asociadas responden a estas fuerzas con una

reacción biológica compleja que, en última instancia, da por resultado el movimiento del diente a través del hueso, y para lograr el movimiento dentario en Ortodoncia es importante tener el conocimiento de este sistema de fuerzas, para así lograr mover los dientes en la dirección deseada, valiéndonos de los principios de física, que son exactamente los mismos para todas las técnicas y sistemas existentes en la actualidad.

El conocimiento y entendimiento de los principios básicos de la Física ofrece beneficios evidentes en Ortodoncia, tanto para el tratamiento como para los pacientes, pues permite controlar mejor el movimiento dentario y obtener resultados previsibles, con un daño mínimo para los dientes y tejidos de soporte y resultados más agradables y duraderos.

Referencias

- Bertran Prieto, P. (2021). *Galileo Galilei: La astronomía y la física moderna*. Asociación Española para el avance de la ciencia. Recuperado de <https://aeac.science/actividad/galileo/>.
- Díaz Rosado, E. S. (2021). *Consecuencias de fuerzas ortodóncicas aplicadas sobre las estructuras óseo dentarias* (bachelor's thesis). Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/reduq/52066>
- Fídhel Ramírez, N. R. (2019). *Sistemas de fuerza en ortodoncia* (tesis de grado). Facultad de Estomatología. Universidad Inca Garcilaso de La Vega-Lima. Recuperado de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5336/>
- Gallego Rodríguez, C. (2006). Pierre Fouchart, padre de la estomatología moderna. *Medimay*, 12(1), 105-109. Recuperado de <https://revcmhabana.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/224>
- Puigbó, J. J. (2002). Aulus Cornelius Celsus (25 a.C. - 50 d.C.) De Medicina. *Gaceta Médica de Caracas*, 110(4), 517-539. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622002000400009&lng=es&tlng=es.
- Rendón-Ríos, H. (2021). Leyes de Newton. *Vida Científica. Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 9(18), 29-30. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/7600>
- Retrouvey, J. M. y Kousaie, K. (2021). Física en ortodoncia Mecánica Básica aplicada a la ortodoncia: IFDE. Recuperado de <https://discoverortho.com/wp-content/uploads/2021/05/Fisica-en-Ortodoncia-SL-JMR-Spanish-Draft-01-05-02-21.pdf>

-
- Rojas, H. A. (2019). Caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la biomecánica ortodóntica en el postgrado de ortodoncia de la Fundación Universitaria CIEO-UNICIEO. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2634>
- Rubén Carlos, M. M. (diciembre de 2021). Breve historia de la odontología. Trabajo presentado en la I Jornada Virtual de Estomatología 2022. Ciego de Ávila. Recuperado de <https://estocavila2021.sld.cu/index.php/estocavila/2022/paper/view/48>
- Uribe Restrepo, G. A. y Jiménez Mejía, J. F. (2021). Principios de física que se aplican en ortodoncia. México. Recuperado de <https://www.portalodontologos.mx/publicaciones/publicaciones/principios-fisica-ortodoncia.pdf>