

**Reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos evaluados mediante
articulador analógico semiajustable vs un articulador virtual**

Andrés René Estupiñán Quintero, Luis Carlos Díaz Morantes, Nathalia Villegas Reyes

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Rehabilitación Oral

Directora

Lina María Cuellar Rodríguez

Especialista en Rehabilitación Oral

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ciencias de la Salud

Rehabilitación Oral

2025

Agradecimientos

A Dios por llenarnos de amor, perseverancia, paciencia y constancia en la realización de este proyecto hasta concluirlo.

A los pacientes que con su buena actitud y participación hicieron posible la realización de esta tesis.

A la docente Lina María Rodríguez Cuellar por su disposición conocimiento y tiempo aportado a la realización de este trabajo.

A la docente Sandra Milena Alonso Gonzales que durante el proceso de elaboración nos brindó su apoyo, guía y orientación para poder llevar a cabo nuestra tesis de grado.

A los compañeros con su conocimiento tiempo y dedicación contribuyeron a la realización de la presente investigación.

Contenido

1. Introducción.....	11
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Justificación.....	17
1.3 Hipótesis.....	18
2. Objetivos.....	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3. Marco teórico	19
3.1 Historia de los articuladores.....	19
3.2 Partes del articulador.....	22
3.2.1 Rama superior.....	22
3.2.2 Rama Inferior.....	22
3.2.3 Arco facial	23
3.3 Tipos de articuladores	24
Los articuladores se clasifican en 3 grupos generales.....	24
3.3.1 Articulador no ajustable	24
3.3.2 Articulador semiajustable.....	24
3.3.3 Articulador completamente ajustable.....	24
3.4 Articulador virtual	25
4. Metodología	25
4.1 Tipo de estudio	25
4.2 Selección y descripción de participantes.....	25

4.2.1 Población	26
4.2.2 Muestra y tipo de muestreo	26
4.3 Criterios selección (inclusión y exclusión)	26
4.3.1 Criterios de inclusión.....	26
4.3.2 Criterios de exclusión.....	26
4.4 Variables.....	27
4.4.1 Variables dependientes	27
4.4.2 Variables independientes	27
4.5 Procedimiento.....	27
4.7 Implicaciones Bioéticas.....	28
4.7.1. Principio de beneficencia.....	29
4.7.2. Principio de autonomía.....	29
4.7.3. Principio de no maleficencia	29
4.7.4. Principio de justicia	30
5. Resultados	30
6. Discusión.....	33
6.1 Conclusiones	34
6.2 Recomendaciones	36
Referencias.....	38
Apéndices.....	43

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Medidas registradas en boca, articulador analógico y articulador virtual.</i>	30
Tabla 2. <i>Reproducibilidad entre mediciones Virtuales y en Articulador.</i>	31
Tabla 3. <i>Coeficientes de correlación intraclase (ICC) Modelo de efectos aleatorios unidireccional - Acuerdo absoluto</i>	32
Tabla 4. <i>Coeficientes de concordancia de Lin (CCC)</i>	32

Lista de apéndices

Apéndice A. *Operacionalización de variables* 43

Apéndice B. *Consentimiento Informado* 47

Resumen

Introducción: El presente estudio evaluó la reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos mandibulares mediante la comparación entre un articulador analógico semiajustable Whip-Mix 2240 y un articulador virtual utilizando el software Exocad, en el contexto de la rehabilitación oral. **Objetivo:** Reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos evaluados mediante un articulador analógico semiajustable whip-mix 2240 vs un articulador virtual utilizados en el área de la rehabilitación oral. **Materiales y métodos:** A cada paciente se le efectuó un montaje tanto en el articulador analógico como en el virtual, registrando movimientos de lateralidad izquierda, lateralidad derecha y protrusión máxima. Se realizó un estudio observacional analítico de corte transversal con una muestra de 12 pacientes atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. **Resultados:** Fueron evaluados con coeficientes de correlación intraclase (ICC) y coeficientes de concordancia de Lin (CCC). Los hallazgos mostraron una excelente concordancia en los movimientos laterales derecho e izquierdo (ICC = 0.931 y 0.969, respectivamente), validando la precisión del articulador virtual para estos desplazamientos. En contraste, la protrusión mostró una concordancia moderada (ICC = 0.487), sin significancia estadística, lo que sugiere mayor variabilidad en este tipo de movimiento. **Conclusiones:** Los articuladores virtuales demostraron ser una alternativa tecnológica confiable y eficiente frente al método analógico, con beneficios como reducción en el uso de materiales físicos, mejor comunicación clínica-laboratorio y optimización del flujo digital mediante sistemas CAD/CAM. No obstante, se identificaron limitaciones relacionadas con la experiencia del operador y la necesidad de estudios con muestras más amplias para validar su aplicabilidad clínica generalizada.

Palabras claves: articulador, articulación temporomandibular, movimientos mandibulares, whip-mix, semi-ajustable, articulador virtual, oclusión, protrusión, relación céntrica

Abstract

Introduction: This study evaluated the reproducibility of functional eccentric mandibular movements by comparing a semi-adjustable analog articulator (Whip-Mix 2240) with a virtual articulator using Exocad software, within the field of oral rehabilitation. **Materials and methods:** Each patient underwent both analog and virtual articulator mounting, recording left and right lateral movements as well as maximum protrusion. An observational cross-sectional analytical study was conducted with a sample of 12 patients from the Dental Clinic at Universidad Santo Tomás, Bucaramanga campus. **Objective:** Reproducibility of eccentric functional movements evaluated by means of a whip-mix 2240 semi-adjustable analog articulator vs. a virtual articulator used in the area of oral rehabilitation. **Results:** were analyzed using intraclass correlation coefficients (ICC) and Lin's concordance correlation coefficients (CCC). Findings revealed excellent agreement for right and left lateral movements (ICC = 0.931 and 0.969, respectively), confirming the virtual articulator's precision in reproducing these motions. In contrast, maximum protrusion showed only moderate agreement (ICC = 0.487) and was not statistically significant, indicating higher variability in this movement. **Conclusions:** Virtual articulators proved to be a reliable and efficient technological alternative to traditional analog methods, offering advantages such as reduced material usage, enhanced clinician-technician communication, and optimized digital workflow through CAD/CAM systems. However, limitations were identified related to operator experience, highlighting the need for larger-scale studies to support the broader clinical application of this digital approach.

Keywords: articulator, temporomandibular joint, mandibular movements, whip-mix, semi-adjustable, virtual articulator, occlusion, protrusion, centric relation.

Glosario

Articulador dental: dispositivo mecánico destinado a reproducir y registrar los movimientos y posiciones maxilares de las personas, permitiendo obtener una relación del maxilar con respecto a la base del cráneo para poder realizar procedimientos de diagnóstico y terapéutica fuera de la boca (Álvarez y Sánchez, 2016; Forcén, et ál., 2011).

Articulador semiajustable: dispositivo que permite individualizar parámetros utilizando un arco facial anatómico definido y así correlacionar la orientación espacial del modelo superior respecto a un plano craneal de referencia, mediante la inclinación condilar horizontal y el ángulo de Bennett se emplean registros en cera de protrusión y lateralidad mandibulares (Castillo, 2009).

Arco facial: es un instrumento similar a un calibre utilizado para registrar la relación espacial de la arcada superior con algún punto o puntos tomados de referencia anatómica y para transferir posteriormente esta relación a un articulador (Gámez, 2013).

Articulador virtual: tecnología que simula la relación de los maxilares en un entorno generado por un software permitiendo el análisis completo de la oclusión mediante modelos dentales que replican los movimientos mandibulares (Doshi, 2024).

Software: programa informático que interactúa con un ordenador el cual permite interactuar y visualizar datos de manera gráfica (OpenAcademy, 2022).

Lateralidad: movimiento que se realiza llevando la mandíbula hacia los lados, ya sea derecho o izquierdo (Anit, 2010).

Guía canina: desoclusión de los dientes ante movimientos de lateralidad realizada exclusivamente por el canino, induciendo la ausencia de contactos en los demás dientes (Yépez, 2016)

Lado de trabajo: lado hacia donde se desplaza la mandíbula por contracción del pterigoideo externo del lado contrario, tomando al cráneo como punto fijo. El cóndilo de ese lado gira sobre un eje vertical mientras que el del otro lado, gira y se traslada (Anit, 2010)

Lado de balanza: lado contrario del lado de trabajo, que está en desoclusión (descanso). El cóndilo correspondiente gira sobre su eje vertical y se traslad (Anit, 2010).

Interferencias: contactos oclusales presentes en el lado de balanza que impiden el movimiento armónico del maxilar inferior (Yépez, 2016).

Relación céntrica: es la posición más superior y anterior en sentido sagital y medial de los cóndilos mandibulares en la cavidad glenoidea (Anit, 2010).

Protrusión: movimiento mediante el cual la mandíbula parte desde relación céntrica y se desplaza hacia adelante hasta lograr un contacto borde a borde de los dientes (Anit, 2010).

Retrusión: movimiento mediante el cual la mandíbula se regresa y retorna a una relación céntrica (Anit, 2010).

Atm (Articulación Temporomandibular): diartrosis bilateral conformada por dos superficies convexas recubiertas por fibrocartílago y disco articular (Yépez, 2016).

Scanner: dispositivo que explora un espacio o imagen y los traduce en señales eléctricas para su procesamiento (Real Academia Española, 2024)

Oclusión: relación que se establece entre las arcadas dentarias cuando estas toman contacto entre sí permaneciendo el arco inferior inmóvil con respecto al superior (Gutiérrez, et, ál., 2003).

1. Introducción

En odontología, el articulador es un dispositivo mecánico que nos permite replicar la posición del maxilar superior con respecto a la base del cráneo de los pacientes mediante el uso de arcos faciales (Forcén, et ál., 2011).

La historia de los articuladores nace gracias a Pierre Fauchard, quien planteó que la prótesis dental sólo tenía una función cosmética y fonética (Forcén, et ál., 2011). Gracias a esto, surge la necesidad de la creación de un instrumento que permita imitar los movimientos mandibulares fuera la boca de las personas.

En primera instancia, fueron desarrolladas una serie de herramientas llamadas “llaves de escaloya” con el propósito de antagonizar modelos, estas se le relacionan a Philip Pfaff, ya que fue el primer autor que las ideó en 1756 (Forcén, et ál., 2011). Posteriormente, se diseñaron instrumentos que permitían movimientos de apertura y cierre, llamados articuladores de bisagra, considerándose a Jean Baptiste Gariot como el autor que lo ideó en 1805. En 1840, el primer articulador que permitía algún movimiento lateral fue el presentado por Daniel T.Evens.

Más tarde, se empiezan a producir articuladores basados en teorías científicas llamados articuladores científicos. Este período inicia hacia 1858 con Bonwill, cuando enuncia la teoría del triángulo equilátero, en la que establece una distancia intercondilar de 10 cm que forma un triángulo equilátero con el punto interincisivo. Este concepto geométrico le permite describir los movimientos condilares en el plano horizontal, como movimientos pivotantes alrededor de un cóndilo y el trayecto de los incisivos inferiores (Forcén, et ál., 2011).

En 1926 Mc Collum fundó la Sociedad Gnatológica de Los Ángeles, con H. Stallard y C.E. Stuart, introducen las bases de lo que hoy se conoce como gnatología, la cual estudia movimientos de la ATM, así mismo permite medirlos, reproducirlos y usarlos como determinantes en el

diagnóstico y tratamiento de la oclusión. Mc Collumy y Stuart construyeron el gnatógrafo, que duplicaba de forma real las relaciones mandibulares y los movimientos condilares, para que así los dientes ocluyeran de forma ideal. Es así como se desarrolla el arco facial cinemático para la localización del eje de giro y la pantografía para el ajuste de los articuladores (Forcén, et ál., 2011).

En 1958 aparece el articulador Dentatus A.R.L. diseñado por Arne G. Lauritzen, que es muy parecido al Hanau H2, con un vástago incisal ligeramente curvo el cual posee un tornillo micrométrico para medir la amplitud de los movimientos (Forcén, et ál., 2011).

Por último, Stuart diseña en 1964 un articulador semiajustable tipo arcón donde la distancia intercondilar se puede ajustar en tres posiciones preestablecidas y con guías condilares y de Bennett planas y un vástago incisal recto (Forcén, et ál., 2011).

Con todo lo anterior, se han ido desarrollando diversas teorías y modelos de articuladores conllevando así a una evolución, y es por eso que, actualmente, contamos con los articuladores virtuales, los cuales fueron diseñados para el análisis total de la oclusión estática y dinámica de los pacientes que inician un tratamiento odontológico con el fin de reducir significativamente los tiempos de trabajo y errores ocasionados por el operador al momento de registrar la relación intermaxilar en los articuladores semiajustables (Kordaß, et, ál., 2002; Gugwad, et ál., 2011).

El análisis oclusal es un examen del sistema estomatognático en el cual se evalúa la estabilidad en el cierre y apertura de la mandíbula, además se analiza la variabilidad de los movimientos mandibulares (Barrera y Fernández, 2019).

Uno de los sistemas que presentan el programa de articulador virtual es el shinning, este sistema vincula el procedimiento digital con su equivalente en físico utilizando ingeniería inversa y permite a los técnicos y a los odontólogos utilizar virtualmente un articulador semiajustable específico como el Chip Mix 2240. La validéz de este sistema para la identificación de los

movimientos funcionales de los pacientes, no ha sido evaluado, es por eso que, el propósito de este estudio es evaluar la precisión y exactitud del articulador virtual con respecto a un articulador analógico semiajustable tipo Whip-mix 2240 (Barrera y Fernández, 2019).

Basados en la reproducción de los movimientos, los articuladores semiajustables tiene ciertas ventajas (Manns et al., 2003; McCulloch, 2003; Phillips et al., 2010; Klineverg et al., 2014; Whip mix corporation reseña comercial de yesos 2017):

- Mejor visualización oclusal de todas las caras del diente por ausencia de saliva, tejidos blandos y dificultades de iluminación.
- Los elementos condilares mecánicos pueden ser ajustados para movimientos mandibulares mediante registros interoclusal.
- Sirve como medio confiable para la fabricación de restauraciones indirectas y prótesis dentales.
- El modelo del maxilar podría ser montado en la relación apropiada con el eje de la bisagra condilar usando una transferencia del arco facial.
- El articulador tiene aproximadamente el mismo tamaño que la articulación temporomandibular en humanos.

Sin embargo, también tiene algunas limitaciones y desventajas:

- El registro de la posición horizontal tridimensional del maxilar superior se ejecuta por medio de un arco facial el cual ubica el punto nasion de manera arbitraria, al igual que el eje de bisagra.
- Los cambios dimensionales de materiales dentales tales como el yeso o el material de registro de mordida.

- La distorsión y deformación de la mandíbula durante las impresiones dentales porque se dobla en posición de apertura máxima hacia el lado interno, alterando la dimensión transversal del yeso.
- Los materiales para la elaboración del montaje y los registros oclusales no son ecoamigable.
- Y el articulador no es capaz de reproducir la complejidad del patrón de los
- movimientos excéntricos más allá de los límites de borde a borde.

El articulador virtual ofrece la posibilidad de reducir significativamente las limitaciones de los articuladores mecánicos; tiene una función similar con el articulador regular, pero utilizando un software combinado con la tecnología CAD / CAM. (Davidowitz y Kotick, 2011) Gracias a la visualización dinámica en 3D, este método nos permite:

- Simular y registrar los movimientos mandibulares.
- Modificar las superficies oclusales de la restauración virtual según movimientos mandibulares simulados.
- Corregir las superficies oclusales digitalizadas permitiendo el movimiento sin interferencias oclusales.
- Evitar ajustes de la restauración final en la boca del paciente. (Solabarrieta, 2009 Solabarrieta, 2015).

Dentro de las principales ventajas de los articuladores virtuales se encuentran: mejoran la comunicación del odontólogo con el técnico dental, permite el análisis estático y dinámico de oclusión, permite evaluar de manera más acertada la función del sistema estomatognático, y permite el diseño de prótesis utilizando la tecnología CAD/ CAM (Computer-Aided Design /

Computer-Aided Manufacturing) y es muy efectivo en la educación del paciente (Barrera y Fernández, 2019).

Para la elaboración de este proyecto se utilizará una muestra probabilística de 10 pacientes adultos de la clínica de rehabilitación oral de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga, a quienes se les realizará un montaje en articulador semiajustable tipo Whip Mix serie 2240, así como en articular virtual tipo shinning, con el fin de comparar la exactitud de los movimientos mandibulares excéntricos.

1.1 Planteamiento del problema

El articulador en odontología es un dispositivo mecánico con el que podemos reproducir la posición del maxilar superior con respecto a la base del cráneo mediante los arcos faciales, así mismo, este nos permite realizar procedimientos de diagnóstico y planificación de tratamientos odontológicos (Forcén, et ál., 2011).

La historia de los articuladores nace gracias a Pierre Fauchard, quien planteó que la prótesis dental sólo tenía una función cosmética y fonética, idea que fue actualizada tras la publicación de su libro “Le Chirurgien Dentiste” en 1728, en el cual se introduce el concepto de la necesidad que cumplen las prótesis dentales al momento de la alimentación (Forcén, et ál., 2011). Gracias a esto, surge la necesidad de la creación de un instrumento que permita imitar los movimientos mandibulares fuera la boca de las personas.

A través de los años, se han ido desarrollando diversas teorías y modelos de articuladores conllevando así a una evolución de los mismos, y es por eso que, actualmente, contamos con los articuladores virtuales los cuales fueron diseñados para el análisis total de la oclusión estática y dinámica de los pacientes que inician un tratamiento odontológico con el fin de reducir

significativamente los tiempos de trabajo y errores probablemente ocasionados (Kordaß, et, ál., 2002; Gugwad, et, ál., 2011).

El articulador virtual, se conoce como una tecnología que simula la relación de los maxilares en un entorno generado por un software permitiendo el análisis completo de la oclusión mediante modelos dentales que replican los movimientos mandibulares (Doshi, et al., 2024). En este orden de ideas, el articulador virtual nos ofrece la posibilidad de reducir significativamente las limitaciones de los articuladores mecánicos gracias a la simulación real de los datos de pacientes mediante la función de simular el articulador análogo con un software combinado con la tecnología CAD-CAM permitiendo un análisis de la oclusión estática y dinámica, las relaciones gnatólogicas y condiciones comunes, es por eso que, esta tecnología tiene múltiples ventajas tales como (Barrera y Fernández, 2019):

- Simular y registrar los movimientos mandibulares.
- Modificar las superficies oclusales de la restauración virtual según movimientos mandibulares simulados.
- Corregir las superficies oclusales digitalizadas permitiendo el movimiento sin interferencias oclusales.
- Evitar ajustes de la restauración final en la boca del paciente.

Una vez establecido el concepto basado en que los articuladores dentales usados en la actualidad incluyen un nuevo sistema de articuladores virtuales, los cuales están sustituyendo la técnica convencional del montaje en articulador; ¿Cuál de los articuladores ofrece una mayor exactitud con los movimientos excéntricos de los pacientes?

1.2 Justificación

En la actualidad, los articuladores virtuales están sustituyendo la técnica convencional de montaje en articulador, esta nueva implementación busca facilitar la práctica clínica de los odontólogos, así mismo, de esta nueva tecnología es importante la reproducción con mayor fidelidad y exactitud de los movimientos propios y naturales de la mandíbula de los pacientes.

Dentro de las desventajas de los modelos articulados analógicamente están, la nula capacidad de reproducción total de los movimientos excéntricos de la oclusión; por otro lado, existen problemas asociados al registro bincodilomaxilar tales como: la incorrecta manipulación del material para toma de registro de mordida, el reposicionamiento de los registros de mordida, la inestabilidad del articulador, la orientación inapropiada de los modelos y el uso de material de yeso rígido (Korda, et al, 2002).

Una vez mencionado lo anterior, este trabajo tiene como objetivo comparar la exactitud de los movimientos funcionales de 10 pacientes evaluados mediante un articulador analógico semiajustable whip-mix 2240 vs articuladores virtuales utilizados en el área de la rehabilitación oral, con el fin de saber cuál articulador reproduce con mayor exactitud los movimientos funcionales de los pacientes dado a que no existe alta evidencia científica en el

El trabajo completo debe incluir una historia clínica completa del paciente, así mismo, el uso de un software para la digitalización que permita optimizar el tiempo clínico y disminuir el uso de materiales odontológicos en la toma del registro bincodilomaxilar con respecto a la técnica analógica.

Este estudio brindará la información necesaria para realizar la comparación entre los articuladores virtuales con el sistema shinning, sus ventajas y desventajas, su comportamiento en comparación a los articuladores analógicos semiajustables tipo Whip-mix 2240.

La falta de investigación en la población acerca de la viabilidad y fiabilidad clínica del articulador virtual como herramienta tecnológica alternativa en la rehabilitación y diagnóstico odontológico, nos motiva a ampliar e investigar sobre la tecnología digital, que será una garantía para las futuras investigaciones por la gran variedad que se pueden aplicar en los distintos campos de la odontología.

1.3 Hipótesis

Las medidas de los movimientos excéntricos son consistentes entre un articulador analógico semiajustable tipo Whip mix 2240 y un programa de articulador virtual tipo exocad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos evaluados mediante un articulador analógico semiajustable whip-mix 2240 vs un articulador virtual utilizados en el área de la rehabilitación oral.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar la precisión de los movimientos excéntricos de 12 pacientes entre un articulador analógico semiajustable whip mix 2240 y un programa de articulador virtual tipo exocad.

Identificar que articulador reproduce con mayor exactitud los movimientos funcionales de los pacientes.

3. Marco teórico

3.1 Historia de los articuladores

La historia de los articuladores contempla una amplia variedad de autores y teorías. Los primeros articuladores que surgieron establecían únicamente un registro en forma de bisagra llamados “articuladores de tablón”. Consecuente a esto, Jean Baptiste Gariot elaboró un simulador que consistía en una bisagra simple con un tornillo fijo en la porción posterior contra una placa de metal usado como tope vertical (Forcén, et ál., 2011).

Washburn a mediados del siglo XIX contempló que la oclusión se podría sintetizar con la existencia de un eje, sobre el cual pueden efectuarse movimientos de apertura y cierra mandibulares y así mismo los desplazamientos condilares que ocurren durante los movimientos protrusivos y de lateralidad (Forcén, et ál., 2011).

El conocido odontólogo americano Daniel T. Evans presentó el primer articulador en 1840, el cual permitía movimientos laterales y hoy en día podría considerarse como uno tipo semi-ajustable (Forcén, et ál., 2011).

En 1878, Oehlecker desarrolló su propio articulador el cual consistía en un sistema de ruedas e indicadores que permitían un control de los movimientos de maxilares superior e inferior. Bonwill, en 1889, produjo el primer articulador anatómico basado en líneas imaginarias que unían los cóndilos entre sí y cada uno de ellos presentaba un punto incisivo, pero resultó desventajoso para la relación de los modelos con algún tipo de eje de rotación (Forcén, et ál., 2011).

Pese al desarrollo de las teorías anteriormente mencionadas, las cuales buscaban evolucionar en el diseño de un articulador que pudiera cumplir todos los parámetros con relación a los movimientos funcionales de los pacientes, se presentaban en ocasiones ideas erróneas

planteadas, sin embargo estos avances permitían tener conocimientos y enseñanzas útiles para la mejoría, es así como en 1984, Miller reconoció la importancia de las inclinaciones de la trayectoria del cóndilo en los movimientos mandibulares; en ese mismo año, Bixby inventa una conexión para montar los modelos sobre un articulador de bisagra, conocido como el antecesor del arco facial. (Forcén, et ál., 2011).

En 1899, Gritman mejoró la forma del articulador diseñó un instrumento donde los movimientos eran excéntricos, mejorando así la forma del articulador antes presentado, eso fue posible gracias a la colocación de guías condilares fijas, pero no aceptaba la transferencia de un arco facial (Forcén, et ál., 2011).

Carl Christensen en 1902, introdujo el registro protrusivo como medio que permitía ajustar el articulador. Por otro lado, en 1906, George Snow mejora el articulador de Gritman haciendo guías condilares ajustables y con el uso de un arco facial. En 1908, Black inventa el gnatinómetro con el fin de medir la presión ejercida por los maxilares y el jagodinómetro para medir la presión en la masticación. Black, también contribuyó al concepto cúspide-fosa usado hoy en día en oclusión orgánica (Forcén, et ál., 2011).

En 1910, Alfred Gysi inventa un articulador ajustable, en el cual añade el vástago y la guía incisal inclinada, también construyó un artificio para obtener trazos, basado en los conceptos descubiertos por Balkwell. George Monson inventa un instrumento maxilo-mandibular en 1918, basándose en su teoría esférica de los movimientos mandibulares. Más adelante, Rudolph Hanau en 1921 construye un articulador arco facial y el kinescopio que consistía en dos partes condilares de cada lado (Forcén, et ál., 2011).

En consecuencia, a esto, Bennett, profundizó la forma de cómo calcular los desplazamientos laterales de la mandíbula “ángulo de Bennett”, y es así como nace un grupo

gnatológico encabezado por Mc Collum alrededor de los años 20, en el cual se realizaban estudios e investigaciones persistentes y a su vez incorporaban las teorías desarrolladas hasta ese entonces con el fin de modernizarlas (Forcén, et ál., 2011).

En 1925, Mc Collum idea su primer articulador tipo ajustable, que posteriormente con las modificaciones realizadas por Stuart, se convierte en un instrumento tridimensional. Por otro lado, Pierre Fouchard en 1928, colocaba las dentaduras completas en un resorte en la parte de atrás con el fin de ejercer una presión constante intentando abrir las dentaduras, esto fue ilustrado en su obra “El cirujano dentista”. Siguiendo a esto, Stansberry diseñó un articulador tipo trípode, el cual constaba de una guía anterior y dos posteriores (Forcén, et ál., 2011).

Dentatus, fue un diseño de articulador creado en 1944, reconocido como “único” gracias a que presentaba una relación entre miembro superior e inferior la cual podría ser estandarizado con un dispositivo especial, permitiendo así ser transferido a otro articulador. En 1950, Bergström también diseñó un instrumento llamado “arcón”, su nombre se deriva de articulador-cóndilo, esto haciendo referencia a que el cóndilo se encuentra en el miembro inferior y las guías condíleas serán encontradas sobre el miembro superior (Forcén, et ál., 2011).

Finalmente, en 1955 fueron diseñados articuladores como TMJ, gnathoscope, el Whip-Mix, y el Denar D4 A totalmente ajustable (Forcén, et ál., 2011).

A través de los años, se han ido desarrollando diversas teorías y modelos de articuladores conllevando así a una evolución de los mismos, y es por eso que, actualmente, contamos con los articuladores virtuales los cuales fueron diseñados para el análisis total de la oclusión estática y dinámica de los pacientes que inician un tratamiento odontológico con el fin de reducir significativamente los tiempos de trabajo y errores probablemente ocasionados (Kordaß, et, ál., 2002; Gugwad, et ál., 2011).

El articulador virtual, se conoce como una tecnología que simula la relación de los maxilares en un entorno generado por un software permitiendo el análisis completo de la oclusión mediante modelos dentales que replican los movimientos mandibulares (Doshi, et al., 2024). En este orden de ideas, el articulador virtual nos ofrece la posibilidad de reducir significativamente las limitaciones de los articuladores mecánicos gracias a la simulación real de los datos de pacientes mediante la función de simular el articulador análogo con un software combinado con la tecnología CAD-CAM permitiendo un análisis de la oclusión estática y dinámica, las relaciones gnatólogicas y condiciones comunes de los pacientes (Barrera y Fernández, 2019).

3.2 Partes del articulador

3.2.1 Rama superior

Es la parte del articulador en la que se fija el modelo superior del paciente, donde está contenido cada uno de los elementos que representan a las estructuras anatómicas correspondientes a la fosa y eminencia articular. En una vista anteroposterior de la rama superior encontramos estructuras tales como (Mendoza, 2004):

Pernos/arco facial.

Guías condilares.

Espaciadores condilares.

Tornillos/guías condilares.

Tornillos/platina/modelos.

Tornillos/vástago incisal.

3.2.2 Rama Inferior

Elemento del articulador que está compuesta por elementos condilares, tornillo/platina/modelo y mesa guía incisal. Los elementos condilares son dos, uno en cada lado,

derecho e izquierdo, y pueden ser colocados en tres distancias intercondilares diferentes como S, M o L, para ello se debe tener a la mano una llave hexagonal que permita retirar o fijar el componente en el sitio que corresponda (Mendoza, 2004).

Respecto a las distancias intercondilares, existen cálculos obtenidos y estandarizados gracias a los diversos estudios antropométricos que han arrojado los siguientes valores en milímetros (Mendoza, 2004):

Pequeña (S) = 96 mm.

Mediana (M) = 110 mm.

Grande (L) = 124 mm.

3.2.3 Arco facial

Es un instrumento que se emplea para registrar la relación o distancia intercondilar de los maxilares con respecto a las articulaciones temporomandibulares para así poder orientar y establecer la posición de los modelos sobre el articulador (Mendoza, 2004).

El arco facial utiliza sus brazos para fijarse a las referencias anatómicas craneales posteriores a través de olivas que entran en los conductos auditivos, así mismo, los tornillos permiten abrir, cerrar y fijar la posición de los brazos de modo que se aproveche el apoyo que la barra cruzada le brinda al nasion así como a la orquillas, y su tenedor, permite poder llevar a cabo el registro dentomaxilocraneal (Mendoza, 2004).

Este instrumento está integrado por los siguientes elementos:

Dos brazos o ramas.

Tornillos de ajuste.

Marcas S-M-L.

Olivas auditivas.

Barra cruzada.

Nasion.

Orquilla.

3.3 Tipos de articuladores

Los articuladores se clasifican en 3 grupos generales.

3.3.1 *Articulador no ajustable*

Este tipo de articulador no permite ajustes para adaptarlo con una gran exactitud a los movimientos mandibulares de los pacientes, estos permiten movimientos excéntricos, pero solo en valores medios, así mismo, no permite ni siquiera reproducir los trayectos de apertura y cierre de los dientes de forma concreta puesto que la distancia intercondilar a las cúspides no se transfiere con exactitud al articulador (Olivero y Martínez, 2000).

3.3.2 *Articulador semiajustable*

Instrumento que simula las guías condilares utilizando medias o equivalentes mecánicos para todos o parte de los movimientos mandibulares; estos instrumentos permiten la orientación de los modelos y pueden ser instrumentos arcón o no arcón (Olivero y Martínez, 2000).

3.3.3 *Articulador completamente ajustable*

Instrumento que simula la relación de los maxilares en un entorno generado por un software permitiendo el análisis completo de la oclusión mediante modelos dentales que replican los movimientos mandibulares (Olivero y Martínez, 2000).

3.4 Articulador virtual

Tecnología que simula la relación de los maxilares en un entorno generado por un software permitiendo el análisis completo de la oclusión mediante modelos dentales que replican los movimientos mandibulares (Doshi, et al., 2024).

4. Metodología

4.1 Tipo de estudio

En la presente investigación se realizó un estudio observacional analítico de corte transversal de tipo evaluación de tecnología diagnóstica en 12 pacientes de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga pertenecientes a la clínica de rehabilitación oral en el que se buscó recolectar datos específicos en un solo momento. Se consideró observacional analítico de corte transversal porque se evaluó la reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos con un articulador análogo semiajustable whip mix 2240 y un programa exocad de articulador virtual (Hernández, et, ál., 1997; Manterola y Otzen, 2014).

4.2 Selección y descripción de participantes

12 pacientes que asistan a la Clínica Odontológica de la Universidad Santo Tomás del posgrado de Rehabilitación Oral seccional Bucaramanga que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión específicos que se mencionan en esta metodología, a quienes se les realizará 1 montaje en articulador análogo whip mix 2240 y 1 articulador virtual mediante el software exocad para determinar los movimientos excéntricos similares del paciente.

4.2.1 Población

Pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad Santo Tomás del posgrado de Rehabilitación Oral seccional Bucaramanga.

4.2.2 Muestra y tipo de muestreo

12 pacientes de la Clínica de la Universidad Santo Tomás del posgrado de Rehabilitación Oral mediante un muestreo por conveniencia.

4.3 Criterios selección (inclusión y exclusión)

4.3.1 Criterios de inclusión

Pacientes que hayan firmado previamente el consentimiento informado.

Pacientes que asistan Clínica de Rehabilitación Oral de la Universidad Santo Tomás.

Pacientes mayores de 18 años.

Pacientes con guía anterior funcionante.

4.3.2 Criterios de exclusión

Pacientes que no hayan firmado previamente el consentimiento informado.

Pacientes totalmente edéntulos.

Pacientes con mordida abierta anterior y/o mordida cruzada.

4.4 Variables

4.4.1 Variables dependientes

Oclusión, desoclusión, lateralidad izquierda, lateralidad derecha, protrusión, retrusión, experiencia con el scanner, dimensión vertical, overjet, overbite, línea media dental, clase molar, clase canina, guía anterior.

4.4.2 Variables independientes

Operadores.

4.5 Procedimiento

Esta investigación se realizará durante el año 2025 y tiene como objetivo comparar la exactitud de los movimientos funcionales de 12 pacientes evaluados mediante un articulador analógico semiajustable whip-mix 2240 vs un articulador virtual utilizados en el área de la rehabilitación oral.

Se dará inicio con la búsqueda de información de los ítems que refieran sobre articuladores virtuales y articuladores semiajustable serie whip-mix 2240. Con el fin de tomar modelos superior e inferior de los pacientes, con el fin de analizar los movimientos funcionales de 12 pacientes de la clínica de rehabilitación oral de la universidad santo tomas seccional Bucaramanga, con su respectivo consentimiento informado; se solicitará permiso al comité de investigación y bioética y a la División de Ciencias de la Salud de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga para realizar dicha impresión en los pacientes.

Se consultará con la División de Ciencias de la Salud el número de estudiantes matriculados en las diferentes carreras desde primer a tercer semestre en la Universidad Santo Tomas seccional Bucaramanga y de esa manera se realizará el cálculo para el tamaño de muestra y tener claro el número de participantes para la prueba piloto en esta investigación.

Se indicará a los pacientes que lean atentamente el consentimiento informado para la respectiva autorización y participación en el estudio.

Se tomarán modelos superiores e inferiores con registro de mordida a 10 pacientes de la clínica de rehabilitación de la universidad santo tomas que acepten voluntariamente y se encuentren en la clínica el día de su realización.

Los datos promedios se diligenciarán en una plataforma personal de cada paciente en el momento de realizar el registro.

Por último, con los datos obtenidos y la información recolectada se realizó en una tabulación en Excel y análisis de resultados el cual se desarrolló un informe final para dicha investigación.

4.7 Implicaciones Bioéticas

De acuerdo a la resolución número 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, en la que se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

La fase 1 de esta investigación se cataloga como una Investigación con riesgo mínimo debido a que es un estudio prospectivo “que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico *“Reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos evaluados mediante un articulador*

analógico semiajustable whip-mix 2240 vs un articulador virtual utilizados en el área de la rehabilitación oral". Artículo 11, numeral b.

Además, cumple con los principios de:

Se utilizaron un consentimiento informado de tipo escrito teniendo como guía el formato sugerido por la Vicerrectoría de Investigaciones, en el que se sigue lo estipulado por la ley 8430 en sus artículos 14 y 15.

4.7.1. Principio de beneficencia

Los avances tecnológicos usados en la investigación contribuyen a obtener mayor comodidad y eficiencia en los procesos de elaboración y análisis de modelos de estudio para los pacientes participantes.

4.7.2. Principio de autonomía

Cada paciente será informado completamente de los procedimientos clínicos para la toma de impresiones, registros oclusales, procesado y análisis de modelos de estudio; y así puedan brindar su consentimiento voluntario para formar parte de la investigación.

4.7.3. Principio de no maleficencia

Los pacientes recibirán atención personalizada y monitoreada por un equipo de especialistas en las áreas de Odontología e Ingeniería, siguiendo protocolos estandarizados, para disminuir y/o evitar lesiones físicas durante el proceso de la toma de impresión de modelos de estudio y registros interoclusales.

4.7.4. Principio de justicia

Toda persona, mayor de 18 años de edad, podrá formar parte de la investigación y recibirá el mismo protocolo de atención establecido, realizado de manera constante y permanente, sin posibilidad de discriminación alguna (Nagrath, et, ál., 2014; Resolución No. 008430 de 1993)

5. Resultados

Se aplicó un examen de la articulación temporomandibular (ATM) evaluado por una odontóloga especialista en rehabilitación oral a 12 pacientes y a su vez se realizó un montaje en articulador análogo semiajustable whip-mix 2240 y un escaneo intraoral, con el fin de analizar los movimientos funcionales excéntricos a través de un software exocad.

Se evaluaron las medidas de lateralidad izquierda, lateralidad derecha y protrusión máxima tanto en el paciente en boca como en el articulador analógico y el articulador virtual, se evidencia la tabla 1

Tabla 1. Medidas registradas en boca, articulador analógico y articulador virtual.

<i>Resultados pacientes en boca</i>				<i>Resultados articulador virtual</i>				<i>Resultados articulador whipmix</i>			
paciente	lat. izq.	lat. der	máx. pro	paciente	lat. izq.	lat. der	máx. pro	paciente	lat. izq.	lat. der	máx. pro
1	15	15	12	1	16	15	13	1	15	15	12
2	9	7	8	2	8	10	8	2	9	8	9
3	13	13	10	3	13	13	11	3	12	13	9
4	9	8	8	4	9	9	10	4	9	8	9
5	6	6	10	5	7	6	11	5	6	6	9
6	9	11	6	6	11	10	7	6	10	9	6
7	10	15	3	7	11	15	13	7	10	15	12
8	5	4	3	8	5	4	4	8	5	5	4
9	13	11	10	9	14	10	11	9	13	11	10
10	13	15	11	10	14	15	11	10	13	15	12
11	4	3	2	11	4	4	3	11	5	4	2
12	9	7	11	12	9	5	11	12	8	6	12

Nota: lat. izq= lateralidad izquierda; lat. der = lateralidad derecha; máx. pro= máxima protrusión.

El propósito fue determinar la precisión entre las mediciones de un articulador análogo semiajustable whip-mix 2240 y el software exocad. La concordancia entre diferentes métodos de medición de movimientos mandibulares (protrusión máxima y movimientos laterales) utilizando el coeficiente de correlación intraclase (ICC), bajo un modelo one-way de efectos aleatorios y con criterio de acuerdo absoluto. (*ver tabla 2*)

Tabla 2. *Reproducibilidad entre mediciones Virtuales y en Articulador.*

<i>Comparación</i>	<i>ICC Individual</i>	<i>Concordancia</i>	<i>p-valor</i>
Virtual vs. Articulador (Protrusión)	0.49	Baja-moderada	0.071
Virtual vs. Articulador (Lado derecho)	0.93	Excelente	0.003
Virtual vs. Articulador (Lado izquierdo)	0.97	Excelente	0.004

Nota: ICC= coeficiente de correlación intraclase; p = valor de probabilidad.

Por otro lado, entre la protrusión máxima: Virtual vs. Articulador, el análisis mostró un ICC individual de 0.487, lo que indica una concordancia moderada entre la medición virtual y la del articulador. Sin embargo, el intervalo de confianza del 95% (IC 95%: -0.128 a 0.999) fue amplio y el valor $p = 0.071$, por lo que el resultado no alcanzó significancia estadística, sugiriendo una alta variabilidad y la necesidad de una muestra más amplia para confirmar la tendencia observada. (*ver tabla 3*)

El movimiento lateral derecho: Virtual vs. Articulador, se obtuvo un ICC individual de 0.931, con un IC 95% de 0.442 a 0.999 y un valor $p = 0.003$, lo cual indica una excelente concordancia estadísticamente significativa entre ambos métodos. Esto sugiere que las mediciones virtuales del lado derecho reflejan de forma fiable los registros obtenidos en el articulador. (*ver tabla 3*)

El movimiento lateral izquierdo: Virtual vs. Articulador, de forma similar, el ICC individual fue de 0.969, con IC 95% de 0.594 a 0.999 y un valor $p = 0.004$, confirmando también

una excelente concordancia en las mediciones del lado izquierdo. La consistencia observada en ambos lados respalda la validez del sistema virtual para el registro de movimientos laterales. (ver tabla 4)

El análisis reveló un ICC individual de -0.327, con IC 95% de -0.333 a 0.740 y un valor $p = 0.912$. Este resultado indica ausencia total de concordancia, con posibilidad incluso de discordancia sistemática entre el valor auto reportado por el paciente y la medición obtenida en el articulador. Esto sugiere que la percepción subjetiva del paciente respecto a su protrusión máxima puede diferir significativamente del registro objetivo. (ver tabla 3)

Tabla 3. Coeficientes de correlación intraclase (ICC) Modelo de efectos aleatorios unidireccional - Acuerdo absoluto

Comparación	ICC Individual	IC 95% ICC Indiv.	ICC Promedio	IC 95% ICC Prom.	p-valor
Prot. Max. Virtual vs Articulador	0.487	[-0.128, 0.999]	0.792	[-0.836, 0.999]	0.071
Lateral Der. Articulador vs Virtual	0.931	[0.442, 0.999]	0.976	[0.704, 0.999]	0.003
Lateral Izq. Articulador vs Virtual	0.969	[0.594, 0.999]	0.984	[0.745, 0.999]	0.004
Paciente vs Articulador (protrusión máx.)	-0.327	[-0.33, 0.74]	0.999	[-0.33, 0.74]	0.912

Nota: ICC= coeficiente de correlación intraclase; IC= correlación intraclase; p = valor de probabilidad.

Tabla 4. Coeficientes de concordancia de Lin (CCC)

Comparación	ρ_c	IC 95% ρ_c	Pearson r	Cb	Media Dif.	Desv. Est. Dif.	Lím. Acuerdo (B&A)	p-valor Lin
Prot. Max. Virtual vs Articulador	0.929	[0.782, 0.978]	0.945	0.983	0.583	1.084	[-1.541, 2.707]	<0.001
Lateral Der. Articulador vs Virtual	0.976	[0.922, 0.993]	0.977	0.999	-0.083	0.900	[-1.848, 1.681]	<0.001
Lateral Izq. Articulador vs Virtual	0.964	[0.902, 0.987]	0.984	0.979	-0.500	0.798	[-2.064, 1.064]	<0.001

Nota: lím. acuerdo (B&A) = ; ICC= coeficiente de correlación intraclase; IC= correlación intraclase; p = valor de probabilidad.

6. Discusión

Los resultados de esta investigación permitieron comparar la reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos mandibulares entre el articulador analógico semiajustable Whip-Mix 2240 y el articulador virtual mediante el software Exocad. Se observó una excelente concordancia en los movimientos de lateralidad derecha e izquierda ($ICC = 0.931$ y 0.969 respectivamente), lo que indica que el articulador virtual tiene un alto grado de precisión en la reproducción de estos desplazamientos mandibulares. Por otro lado, la concordancia en la protrusión máxima fue moderada ($ICC = 0.487$) y no estadísticamente significativa ($p = 0.071$), lo cual sugiere mayor variabilidad en este tipo de movimiento.

Estos hallazgos respaldan las ventajas tecnológicas de los articuladores virtuales descritas en la literatura, como la visualización tridimensional de la oclusión, la simulación precisa de los movimientos mandibulares y la posibilidad de realizar ajustes digitales antes de la fabricación final de la restauración (Davidowitz y Kotick, 2011; Solabarieta, 2015). También, Kordas, et ál., (2002) destacan que el articulador virtual mejora la estandarización del análisis oclusal y reduce los errores asociados al montaje manual.

Sin embargo, la menor exactitud en el movimiento de protrusión podría estar relacionada con limitaciones del software para capturar movimientos lineales complejos o con inconsistencias en el escaneo intraoral. Hatzi, et ál., (2012) mencionan que los registros interoclusales digitales pueden verse afectados por factores técnicos como la compresión de tejidos blandos o el movimiento del paciente durante el escaneo.

Desde una perspectiva clínica, estos resultados son relevantes para el diseño de rehabilitaciones orales más precisas, especialmente en tratamientos que implican movimientos de lateralidad, como la confección de férulas oclusales y prótesis fijas. Además, el uso de

articuladores virtuales reduce significativamente el uso de materiales físicos como el yeso y la cera, lo que implica una mejor sostenibilidad y mayor eficiencia en la consulta odontológica (Gugwad, et ál., 2011).

Cabe resaltar que el desempeño del articulador virtual depende en gran medida de la experiencia del operador con el software y del protocolo de escaneo utilizado. Por ello, es esencial fomentar la formación continua y la validación de los parámetros anatómicos individualizados en cada caso clínico para garantizar la fiabilidad del método (Doshi, et ál., 2024).

En la realización de la presente investigación se evidenciaron algunas limitaciones, una de ellas fue la falta de capacitación para los investigadores en la utilización del escaneo intraoral. Por otro lado, fue la falta de artículos científicos de articuladores virtuales y del software exocad.

Una de las fortalezas fue la implementación del escáner intraoral, ya que es una herramienta fiable cuya finalidad pretende evaluar los movimientos excéntricos funcionales del paciente. A su vez, con los resultados obtenidos se pudieron evidenciar los movimientos como la protrusión, donde se evidenció una alta variabilidad y ausencia de significancia estadística.

En resumen, los articuladores virtuales representan una alternativa confiable a los sistemas analógicos para el registro de movimientos laterales, y pueden implementarse con éxito en la práctica clínica diaria. No obstante, es necesario ampliar el tamaño muestral y considerar otros tipos de movimientos mandibulares para reforzar la validez externa de estos hallazgos.

6.1 Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación evidencian que el articulador virtual evaluado mediante el software Exocad muestra una excelente reproducibilidad en los movimientos funcionales de lateralidad derecha e izquierda en comparación con el articulador analógico semiajustable Whip-

Mix 2240. Esta concordancia, sustentada por coeficientes de correlación intraclass (ICC) superiores al 0.93, valida el uso del articulador virtual como herramienta diagnóstica confiable en procedimientos de rehabilitación oral.

En contraste con los movimientos laterales, el registro de la protrusión máxima presentó una concordancia moderada entre ambos sistemas (ICC=0.487), sin alcanzar significancia estadística. Esta variabilidad sugiere posibles restricciones en la capacidad del software para representar desplazamientos lineales complejos, lo cual debe ser considerado en la planificación clínica y en la selección de la tecnología a utilizar según el tipo de movimiento que se desee evaluar.

La precisión observada en los movimientos laterales respalda la incorporación del articulador virtual como alternativa tecnológica eficaz en la rehabilitación oral, permitiendo optimizar el diagnóstico, el diseño de restauraciones y la planificación de tratamientos que requieren precisión en los movimientos mandibulares funcionales.

La implementación del articulador virtual reduce de manera significativa el uso de materiales físicos como yesos, ceras y resinas, promoviendo una práctica más sostenible, eficiente y alineada con los principios de bioética y responsabilidad ambiental. Además, mejora la comunicación clínica-laboratorio y facilita el flujo digital mediante sistemas CAD/CAM.

La efectividad del articulador virtual está estrechamente ligada a la experiencia del operador y a la correcta ejecución del protocolo de escaneo. Por tanto, se enfatiza la necesidad de formación continua, estandarización de procedimientos y validación de los parámetros individuales para asegurar la confiabilidad de los resultados.

Esta investigación constituye un aporte significativo al cuerpo de conocimiento existente en el área de rehabilitación oral, promoviendo la adopción de tecnologías emergentes. No obstante,

se recomienda la realización de estudios con muestras más amplias y la inclusión de otros tipos de movimientos mandibulares, con el fin de ampliar la validez externa y consolidar el articulador virtual como un estándar en la práctica clínica y académica.

6.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y las limitaciones evidenciadas durante el desarrollo del presente estudio, se plantean las siguientes recomendaciones que pueden servir como guía para investigaciones futuras.

Se recomienda incrementar el número de participantes en estudios posteriores, con el fin de fortalecer la validez estadística de los resultados, particularmente en movimientos como la protrusión, donde se evidenció una alta variabilidad y ausencia de significancia estadística.

Será beneficioso evaluar no solo los movimientos de lateralidad y protrusión, sino también otros como retrusión, apertura máxima, cierre mandibular y movimientos combinados, con el objetivo de establecer una caracterización más completa del comportamiento funcional de la articulación temporomandibular en los diferentes tipos de articuladores.

Se sugiere realizar estudios comparativos entre distintos softwares de articuladores virtuales (por ejemplo, Exocad, 3Shape, Zirkonzahn), lo cual permitiría identificar ventajas o limitaciones particulares de cada sistema en cuanto a precisión, versatilidad y facilidad de uso.

Dado que el manejo del software puede influir en la calidad del registro digital, es recomendable analizar cómo la experiencia o formación del operador afecta la reproducibilidad de los movimientos, para establecer protocolos de capacitación estandarizados.

Es pertinente incluir evaluaciones económicas que analicen el impacto de la implementación de tecnologías digitales en términos de costos operativos, tiempo clínico, reducción en el uso de materiales y eficiencia general del tratamiento odontológico.

Se sugiere replicar este tipo de investigaciones en pacientes con condiciones clínicas específicas, como edentulismo parcial, rehabilitaciones complejas o trastornos de la articulación temporomandibular, con el fin de evaluar el comportamiento del articulador virtual en situaciones más demandantes.

Futuras investigaciones pueden beneficiarse al incluir métodos clínicos de validación, como pruebas de ajuste con férulas oclusales fabricadas a partir de los registros digitales, para comparar la correlación entre los movimientos virtuales simulados y la función mandibular real en el paciente.

Es recomendable estudiar cómo la combinación de articuladores virtuales con procesos de impresión tridimensional influye en la calidad y exactitud de restauraciones dentales definitivas.

La incorporación de variables cualitativas como el confort del paciente, percepción de la duración del procedimiento y satisfacción con el tratamiento puede aportar una perspectiva más integral sobre la aplicabilidad clínica de las tecnologías digitales en odontología.

Referencias

- Álvarez Sánchez, E. y Sánchez García, K. (2016). *Ingeniería inversa para un prototipo anatómico de un articulador dental plástico*. [Tesis de Especialización, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio de Tesis.
- Anit, P. (2010). Oclusión. <https://www.fodonto.uncuyo.edu.ar/upload/OCLUSION.pdf>
- Barrera, J. y Fernandez, L. (2019). Evaluación de los articuladores soportados por el sistema 3 shape dental system para la identificación de interferencias en los diferentes movimientos mandibulares. Universidad El Bosque.
- Castillo de Oyagüe, R., del Río Highsmith, J., Sánchez Turrión, A. (2009). El articulador semiajustable. GD. <https://gacetadental.com/2009/04/el-articulador-semiajustable-8318/>
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The virtual articulator in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 415–426. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.005>
- Doshi, K. N., Sathe, S., Dubey, S. A., Bhojar, A., Dhamande, M., & Jaiswal, T. (2024). A comprehensive review on virtual articulators. *Cureus*, 16(1), e52554. <https://doi.org/10.7759/cureus.52554>
- Diccionario de la lengua española (23ª ed).
- Forcén Báez, A., Martínez-Lage Azorín, J.F., y Ruiz Navas, M.T. (2011). Articuladores: Historia, Fundamentos y Consideraciones Clínicas. *Revista Europea de Odontostomatología*. <http://www.redoe.com/ver.php?id=117>
- Gámez C, Jesús, Dib K, Alejandro, y Espinosa de S, Irene Aurora. (2013). EL ARCO FACIAL EN LA ELABORACIÓN DE LAS FÉRULAS OCLUSALES TIPO MÍCHIGAN. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia* , 25 (1), 117-131. Recuperado el 29 de septiembre de 2024, de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2013000200007&lng=en&tlng=es.

Gartner CH, Korda B, Gesch D, Virtueller Artikulator Dentcam 3.0 Review;2000;11:607–12.

Gugwad, R. S., Basawakumar, M., Abhijeet, K., Arvind, M., Sudhindra, M., y Ramesh, C. (2011). Review of virtual articulators in prosthodontics. *International Journal of Dental Clinics*, 3(4), 39–41.

Gutiérrez Hernández, M. E., Grau León, I., y García del Prado, G. L. (2003). Importancia del articulador semiajustable en la rehabilitación. *Revista Cubana de Estomatología*, 40(2) Recuperado en 29 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072003000200003&lng=es&tlng=es.

Hatzi, P., Tzakis, M., & Eliades, G. (2012). Setting characteristics of vinyl-polysiloxane interocclusal recording materials. *Journal of Dentistry*, 28(7), 783–791.

Hatzi P, Tzakis M, Eliades, G. Setting characteristics of vinyl-polysiloxane interocclusal recording materials. *J Dental* 2012;28(7):783-791.

Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. (1997) Metodología de la investigación. 6th ed.: McGraw-Hill.

Hobo S, Shillingburg HT, Whitsett LD. (1976). Articulator selection for restorative dentistry. *J Prosthet Dent* 1976;36(1):35-43.

Hobo S. (1991). Twin-tables technique for occlusal rehabilitation: Part I—Mechanism of anterior guidance. *J Prosthet Dent*; 66(3):299-303.

- Ikawa T, Ogawa T, Shigeta Y, Kasama S, Hirabayashi R, Fukushima, Hattori A, Suzuki N. Design for functional occlusal surface of CAD/CAM crown using VR articulator. *Stud Health Technol Inform.* 2011;163:239-41.
- Jiménez López V. *Prótesis sobre implantes: oclusión, casos clínicos y de laboratorio.* 1ª ed. Madrid: Quintessence books/Doyma; 1993.
- Klineberg I, Palla S, Trulsson M. Contemporary Relevance of Occlusion and Mastication. *Int J of prosthodont* 2014 Sep;27(5):411-412.
- Kordass B, Gärtner CH, Gesch D. (2000). The virtual articulator - a new tool to analyze the dysfunction and dysmorphology of dental occlusion. *Aspects of Teratology.* 2000;2:243-247.
- Kordass, B., Gärtner, C., Bisler, A., Voss, G., & Bockholt, U. (2002). The virtual articulator in dentistry: Concept and development. *Dental Clinics of North America*, 46(3), 493–506.
- Kordaß B, Gärtner C, A, Söhnel, Bisler A, Voß G, Bockholt U. y Seipel S. (2002) The virtual articulator in dentistry: Concept and development. *Dental Clinics of North America*, vol 46, sup 3, pp 493-506 (ISSN 0011-8532).
- Krishna D Prasad, B Rajendra Prasad, Divya Mehra. articulators - as they evolved. *Guident* 2012 Jul 1;5(Anit, 2010):24.
- Ley Estatutaria 1266 de 2008 [Internet]. Fecha de consulta: 23 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34488>
- Mendoza R. (2004) *Manual de manejo del articulador Whip mix.* Universidad autónoma de ciudad de Juarez. Ciudad de Juarez-Mexico

- Maestre-Ferrín L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: An update. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal* 2012 Jan 1;17(1):e163.
- Manterola, C. y Otzen, T. (2014). Estudios Observacionales. Los diseños utilizados con mayor frecuencia en Investigación Clínica. *International Journal of Morphology*; 32(2):634-645.
- Maruyama T, Nakamura Y, Hayashi T, Kato K. Computer-aided determination of occlusal contact points for dental 3-D CAD. *Med Bio Eng Comput* 2006 May;44(5):445-450.
- McCulloch AJ. Making occlusion work: 1. terminology, occlusal assessment and recording. *Dental Update* 2003 Apr;30(3):150-7.
- Mohl ND, Zarb GA, Carlsson G, Rugh J. A textbook of occlusion. Chicago ua:Quintessence Publ. Co; 1988.
- Nagrath, R., Lahori, M., Kumar, V., y Gupta, V. (2014). A comparative study to evaluate the compression resistance of different interocclusal recording materials: anin vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* Dec;14(Suppl 1):76-85
- Olivero Gonzáles, E., Martínez Bernal, I. (2000). *Historia y Evolución de los Articuladores*. [Tesis de Especialización, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de Tesis.
- OpenAcademy. (2022). *¿Qué es el software? Ejemplos, definición y tipos*. <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/que-es-software-y-ejemplos.html>
- Resolución No. 008430 de 1993 [sf]. Fecha de consulta: 23 de marzo de 2015. Disponible en: http://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Documentos/Investigacion/comite_de_etica/Res_843_0_1993_-_Salud.pdf.

Solabarieta, I. (2015). Aplicación de articuladores virtuales en odontología restauradora. *Revista de Odontología Digital*, 13(2), 25–30.

The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition GPT- 9. *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol 117. Issue 5, 2017, pp e1 - e105 (ISSN 0022-3913).

Yépez Bravo, I. (2016). Prevalencia de guía canina en pacientes de 18 a 25 años de edad. [Tesis de Pregrado]. Repositorio de Tesis.

Apéndices

Apéndice A. Operacionalización de variables

<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escalad de medición</i>	<i>Valor que asume</i>
<i>Oclusión</i>	Relación entre los dientes de la arcada superior e inferior en posición de cierre	Contacto entre los dientes superiores e inferiores del paciente durante el cierre	Cualitativa	<i>Razón</i>	0
<i>Desoclusión</i>	Separación de los maxilares cuando la cúspide del canino inferior contacta con el canino superior	Desalineamiento de los dientes durante los movimientos funcionales del paciente	Cualitativa	<i>Razón</i>	0
<i>Lateralidad Derecha</i>	Movimiento funcional que lleva la mandíbula hacia la derecha durante movimientos funcionales	Movimiento mandibular máximo realizado por el paciente hacia el lado derecho	Cuantitativa	<i>Razón</i>	Milímetros
<i>Lateralidad Izquierda</i>	Movimiento funcional que lleva la mandíbula hacia la izquierda durante movimientos funcionales	Movimiento mandibular máximo realizado por el paciente hacia el lado izquierdo	Cuantitativa	<i>Razón</i>	Milímetros
<i>Protrusión</i>	Desplazamiento de la mandíbula hacia adelante, desde a posición de contacto máximo entre los dientes superiores e inferiores	Movimiento mandibular que va hacia adelante realizado por el paciente	Cuantitativa	<i>Razón</i>	Milímetros
<i>Retrusión</i>	Desplazamiento de la mandíbula hacia atrás que genera una mayor intercuspidadación	Movimiento mandibular atrás realizado por el paciente	Cuantitativa	<i>Razón</i>	Milímetros
<i>Experiencia con scanner</i>	Práctica prolongada que proporciona conocimiento o habilidad de la utilización del scanner	Años de experiencia usando el scanner por parte del operador	Cuantitativa	<i>Razón</i>	Años

<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escalad de medición</i>	<i>Valor que asume</i>
<i>Dimensión vertical</i>	Distancia entre dos puntos móviles del rostro, uno en el maxilar superior y otro en la mandíbula	Distancia en mm de dos puntos faciales anatómicos seleccionados del paciente	Cuantitativa	Razón	Milímetros
<i>Overjet (sobremordida horizontal)</i>	Superposición horizontal de los dientes anterosuperiores sobre las anteroinferiores medidas en mm	Distancia en mm que existe desde el borde incisal del incisivo superior a la superficie vestibular de dientes anteroinferiores del paciente	Cuantitativa	Razón	Milímetros
<i>Overbite (sobremordida vertical)</i>	Superposición vertical del incisivo central superior sobre el incisivo central inferior medido en porcentaje %	Medida en porcentaje dada por superposición del incisivo central superior sobre la cara vestibular de incisivo central inferior del paciente	Cuantitativa	Razón	Porcentaje
<i>Línea media dental</i>	Línea vertical imaginaria entre incisivos centrales superiores que divide la boca en dos partes simétricas	Línea vertical imaginaria que divide la boca en parte derecha e izquierda del paciente	Cualitativa	Razón	0
<i>Clase molar</i>	Posición de la cúspide mesovestibular de los primeros molares superiores en relación a los primeros molares inferiores	Posición de los primeros molares superiores con respecto a los primeros molares inferiores del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase I molar</i>	Cúspide mesovestibular del primer molar superior ocluye sobre el surco vestibular del primer molar inferior	Posición de la cúspide mesovestibular del primer molar superior con respecto al surco vestibular del primer molar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0

<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escalad de medición</i>	<i>Valor que asume</i>
<i>Clase II molar</i>	La cúspide mesovestibular del primer molar superior ocluye hacia mesial del surco vestibular del primer molar inferior	Posición de la cúspide mesovestibular del primer molar superior con respecto al surco vestibular del primer molar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase III molar</i>	La cúspide mesovestibular del primer molar superior ocluye hacia distal del surco vestibular del primer molar inferior	Posición de la cúspide mesovestibular del primer molar superior con respecto al surco vestibular del primer molar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase canina</i>	Posición de la cúspide del canino superior en relación a la superficie interproximal del canino y primer premolar inferior	Posición de la cúspide del canino superior con respecto al canino y primer premolar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase I canina</i>	La cúspide del canino superior ocluye sobre la superficie interproximal del canino y primer premolar inferior	Posición de la cúspide del canino superior con respecto al canino y primer premolar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase II canina</i>	La cúspide del canino superior ocluye hacia mesial de la superficie interproximal del canino y primer premolar inferior	Posición de la cúspide del canino superior con respecto al canino y primer premolar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0
<i>Clase III canina</i>	La cúspide del canino superior ocluye hacia distal de la superficie interproximal del canino y primer premolar inferior	Posición de la cúspide del canino superior con respecto al canino y primer premolar inferior del paciente	Cualitativa	Nominal	0

<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escalad de medición</i>	<i>Valor que asume</i>
<i>Guía anterior</i>	Relación entre los incisivos superiores e inferiores que controla los movimientos mandibulares	Acople entre dientes anterosuperiores y anteroinferiores del paciente	Cualitativa	Razón	0

Apéndice B. Consentimiento Informado**Consentimiento Informado**

Nombre de la investigación: “Reproducibilidad de los movimientos funcionales excéntricos evaluados mediante articulador analógico semiajustable vs un articulador virtual”

Investigadores principales

Luis Carlos Díaz Morantes, Andrés René Estupiñán Quintero y Nathalia Villegas Reyes estudiantes del Posgrado de Rehabilitación Oral de la facultad de Odontología de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga.

Ciudad: _____ Fecha: _____ de 2025

Yo _____, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° _____ de _____.

Objetivos del estudio

Este proyecto tiene como objetivo comparar la exactitud de los movimientos funcionales de 10 pacientes evaluados mediante un articulador analógico semiajustable whip-mix 2240 vs dos articuladores virtuales utilizados en el área de la rehabilitación oral.

Participación en el estudio

Usted se encuentra en libertad de autorizar o no su participación en la presente investigación; en caso de aceptar se le entregará una copia del consentimiento informado firmado y procederá a realizar la encuesta, así mismo podrá expresar cualquier duda o inquietud con respecto al cuestionario.

Confidencialidad

Se mantendrá la confidencialidad de los datos, para este fin a cada formato de la encuesta le será asignado un código único, guardando así su identidad. Cuando la investigación finalice, los resultados obtenidos en esta investigación serán socializados a la comunidad científica y académica sin revelar la identidad de los participantes del estudio.

Riesgos

Este proyecto no representa ningún riesgo para usted.

Beneficios

Los resultados de esta investigación le permitirán conocer al paciente un análisis de precisión de la relación de sus maxilares con tecnología de punta

Costos y compensación

Usted como participante no recibirá pago o retribución alguna por este estudio, pero tampoco tendrá pagar el escaneo.

Derecho a rehusar o abandonar el estudio

La participación en esta investigación es voluntaria. Luego de iniciar y aceptar su participación, usted se puede rehusar a contestar alguna pregunta o a continuar en la investigación en cualquier momento que así lo decida sin repercusión alguna.

Preguntas

Usted puede realizar cualquier tipo de pregunta o inquietud ahora o en cualquier etapa de la investigación.

Declaración del consentimiento

Al firmar este documento, acepto que he entendido la información que me han dado y deseo participar en esta investigación, por tanto, estoy de acuerdo con el propósito de la investigación, con las medidas para la protección de los datos personales, con los beneficios y riesgos que puede conducir el proyecto, así mismo, declaro que no renuncio a ningún derecho que me asista, comprendo que se me comunicará cualquier modificación que surja en el proyecto y autorizo a los investigadores principales a utilizar la información obtenida para los propósitos de este proyecto; de igual forma conozco que se protegerán mis datos personales y no serán divulgados según la ley estatutaria 1581-2012 reglamentada parcialmente por el decreto nacional 1377 de 2013.

Por lo anteriormente mencionado, doy libremente mi consentimiento para participar en la encuesta.

Firma del participante

C.C

Número de celular del participante