



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Odontóloga

TEMA:

**“Uso de la digitalización de modelos de estudio dentales con fines
ortodónticos”**

Autora: Daniela Fernanda Abdo Larrea

Tutor: Dr. Mauro Ramiro Costales Lara

Riobamba-Ecuador

2020

PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de sustentación del proyecto de investigación de título: “Usos de la digitalización de modelos de estudio con fines ortodónticos”, presentado por Daniela Fernanda Abdo Larrea y dirigida por el Dr. Mauro Ramiro Costales Lara, una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH; para constancia de lo expuesto firman:

Por la consistencia a lo expuesto:

Firma:

Dr. Manuel Alejandro León Velastegui

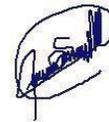
Presidente del Tribunal



Firma

Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez

Miembro del Tribunal



Firma

Dr. Cristian David Guzmán Carrasco

Miembro del Tribunal



Firma

CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito docente-tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Dr. Mauro Ramiro Costales Lara CERTIFICA, que la señorita Daniela Fernanda Abdo Larrea con C.I: 060288504-8, se encuentra apta para la presentación del proyecto de investigación: “Usos de la digitalización de modelos de estudio con fines ortodónticos” y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, en la ciudad de Riobamba en el año 2020.

Atentamente,



Dr. Mauro Ramiro Costales Lara

DOCENTE – TUTOR DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA

AUTORÍA

Yo, Daniela Fernanda Abdo Larrea, portadora de la cédula de ciudadanía número 0602885048, por medio del presente documento certifico que el contenido de este proyecto de investigación es de mi autoría, por lo que eximo expresamente a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus representantes jurídicos de posibles acciones legales por el contenido de esta. Asimismo, autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo para que realice la digitalización y difusión pública de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Daniela Fernanda Abdo Larrea

C.I. 060288504-8

ESTUDIANTE UNACH

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios y a la Universidad Nacional de Chimborazo y en ella a las autoridades de la Facultad de CIENCIAS DE LA SALUD facultad de ODONTOLOGÍA, que me acogieron en sus aulas, permitiéndome día tras día adquirir conocimientos, con maestros y maestras excelentes; no solo, como profesionales; sino, como seres humanos, contribuyendo en mi formación y desarrollo en mi vida profesional.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Edison Bonifaz y al Dr. Mauro Costales que con sapiencia, sabiduría y abnegación me ayudaron a desarrollar este trabajo de investigación, haciendo de sus orientaciones un insumo más de enseñanza y aprendizaje.

Finalmente, quiero agradecer al Dr. Manuel León por su colaboración y eficiencia para culminar con mi proceso de culminación de carrera, y doy gracias a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en todo momento en esta investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a mi MADRE y a mi HIJA y FAMILIA.

A mi **MADRE** que hoy está en el cielo porque me enseñó a vivir con alegría, sorteando todos los problemas que se me fueron presentando en mi vida estudiantil, fue ejemplo de lucha, de heroísmo, de valentía; su sueño era verme convertida en una muy buena profesional; y hoy “madre querida” estoy cumpliendo con una parte muy importante de ese sueño y/o meta que usted siempre me impulso a conseguir.

A mi **HIJA LUCIANA**, que es luz de mi vida, que con su inocente sonrisa se convirtió en un motor que me impulsa todos los días a cumplir con mis metas planteadas.

A mis **TIAS** Dra. Magister. Susana y Carmen Larrea, a mis **PRIMAS** Verónica y Melina por su apoyo y comprensión y a mi **NOVIO** Andrés; les dedico todo mi esfuerzo y agradezco infinitamente por estar siempre conmigo, por compartir mis ideales y darme la oportunidad para crecer como persona y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	5
2.1. Criterios de Inclusión y Exclusión	5
2.1.1. Criterios de inclusión	5
2.1.2. Criterios de exclusión	5
2.2. Estrategia de Búsqueda	6
2.3. Tipo de estudio	6
2.4. Métodos, procedimientos y población	6
2.5. Instrumentos	7
2.6. Selección de palabras clave o descriptores	7
2.7. Valoración de la calidad de estudios	10
2.7.1. Número de publicaciones por año	10
2.7.2. Número de publicaciones por el cuartil y base de datos	11
2.7.3. Número de artículos por área y cuartil	12
2.7.4. Número de artículos por área y colección de datos	13
2.7.5. Número de artículos por área y contexto de estudio	14
2.7.6. Número de artículos por factor de impacto (SJR)	15
2.7.7. Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1. RESULTADOS	17
3.1.1. Métodos de Diagnóstico	18
3.1.2. Modelos de yeso convencionales	19
3.1.3. Digitalización de Modelos	19

3.1.4. Modelos Digitales Tridimensionales.....	25
3.1.5. Método Digital.....	25
3.1.6. Análisis de los modelos de Estudio.....	27
3.1.6.1. Análisis de Bolton.....	28
3.1.6.2. Análisis de Moyers.....	30
3.1.6.2.1. Inclinação de los dientes anteriores.....	31
3.1.6.2.2. La angulación de la raíz.....	31
3.1.6.2.3. Morfometría Geométrica.....	31
3.1.7. Software para análisis de modelos digitales.....	32
3.1.8. Escáneres.....	37
3.1.8.1. Escáneres Extraorales.....	37
3.1.8.2. Serie 3Shape R.....	37
3.1.8.3. Appliance Designer™. AGE solutions maestro escáner dental.....	38
3.1.8.4. Sistemas de escaneo y diseño de Dental Wings.....	38
3.1.8.5. Sistema de escaneo de escritorio Ortho Insight 3D.....	38
3.1.9. Escáneres intraorales.....	39
3.1.9.1. Escáner intraoral TRIOSH comercializado por 3Shape.....	39
3.1.9.2. Escáner True Definition comercializado por 3M ESPE.....	41
3.1.9.3. Escáner intraoral iTeroH comercializado por Align Technology Inc.....	41
3.1.9.4. CS 3600 Scanner Intraoral Color.....	42
3.1.9.5. Esquema comparativo de marcas comerciales de escáner en el mercado.....	43
CS 3600 Scanner Intraoral Color.....	43
3.2. DISCUSIÓN.....	44
4. CONCLUSIONES.....	46

5. PROPUESTA	48
6. BIBLIOGRAFÍA	49
7. ANEXOS.....	56

INDICE DE GRÁFICOS

Gráficos Nro. 1. Metodología con escala y algoritmo de búsqueda	9
Gráficos Nro. 2. Número de publicaciones por año.....	10
Gráficos Nro. 3. Número de publicaciones por el cuartil y base de datos	11
Gráficos Nro. 4. Número de artículos por área y cuartil	12
Gráficos Nro. 5. Número de artículos por área y colección de datos.....	13
Gráficos Nro. 6. Número de artículos por área y contexto de estudio	14
Gráficos Nro. 7. Número de artículos por factor de impacto (SJR).....	15
Gráficos Nro. 8. Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos.....	16
Gráficos Nro. 9. Historia evolutiva del scanner.....	24
Gráficos Nro. 10. Características de los modelos convencionales y digitales.....	27
Gráficos Nro. 11. Modelos de estudio a partir de láser.....	28

INDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1.	Términos de búsqueda y selección de uso en las bases de datos.....	8
Tabla Nro. 2.	Predicción al 75% del análisis de Moyers.....	30
Tabla Nro. 3.	Servicio ofertado por fabricante	35
Tabla Nro. 4.	Características previstas por los fabricantes	36
Tabla Nro. 5.	Esquema comparativo de escáneres intraorales y extraorales.....	37
Tabla Nro. 6.	Comparativo de escáner en el mercado actual	43

RESUMEN

El presente proyecto de investigación corresponde al análisis de los usos de la digitalización de modelos de estudio odontológicos con fines ortodónticos, la presente investigación tuvo como objetivo determinar las características de la digitalización de modelos comparando sus ventajas y desventajas, estableciendo también las marcas más usadas con sus costos y beneficios y que tipo de análisis estos realizan bajo que modalidad y para qué sirve cada uno, para ello se realizó una revisión bibliográfica de 73 artículos académicos publicados en revistas con factor de impacto con un promedio de citas mayor a 1.5 (ACC). Se encontró que los modelos digitales tienen una buena simetría con los modelos de yeso convencionales y estos resultan ser clínicamente aceptables con ventajas marcadas como menor tiempo en diagnóstico y mejor calidad de proyecciones en un tratamiento ortodóntico con análisis sistematizados y exactos que alivian el trabajo del ortodoncista y su personal de apoyo a demás que brinda la ventaja de mantener el archivo del paciente con todos sus datos por tiempo indefinido, que en comparación de los modelos convencionales solo se requiere el espacio de almacenamiento digital para conservar la información, en cuanto a tiempo, facilidad para el ortodoncista al momento de realizar el diagnóstico, fiabilidad de la información que se conserva en un archivo de todo lo recabado sobre el paciente con fotos y proyecciones de los avances del tratamiento su única desventaja marcada resulta ser la primera inversión que realiza la clínica al implementar esta tecnología.

Palabras clave: Ortodoncia, Modelos digitales, Modelos convencionales, 3D.

ABSTRACT

This research project analyzes the usage of the digitalization of dental study models for orthodontic purposes. The objective of this research was to determine the characteristics of the digitalization of models by comparing their advantages and disadvantages. Also, it establishes the most used brands with their costs and benefits, and what type of analysis must be carried out, modality, purpose for each usage. It was found that the digital models have a good symmetry with the conventional plaster models. They turn out to be clinically acceptable with advantages marked as less time in diagnosis and better quality of projections in an orthodontic treatment under systematized and exact analyses. They alleviate the work of the orthodontist and their personnel support. Additionally, the digital models offer the advantage of keeping the patient's file with all their data for an indefinite time, regard with conventional models; nonetheless, the cloud storage space is required to preserve the information, in terms of time, ease for the orthodontist at the time of diagnosis, reliability of the information. The cloud keeps an archive collecting everything about the patient with photos and projections of the treatment progress. A disadvantage is the first investment that the clinic makes in implementing the mentioned technology.

Keywords: Orthodontics, Digital models, Conventional models, 3D

Reviewed and corrected by: Lic: Armijos Jacqueline, MsC.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jacqueline", with a large, stylized flourish above it and a wavy line below it.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación hace referencia a los usos de la digitalización de modelos con fines ortodónticos; la digitalización en esta área es una tecnología que provee una vista tridimensional de la oclusión de un paciente, permitiendo que el profesional evalúe el tipo de maloclusión de forma más minuciosa en comparación con una examinación clínica, además se obtiene una mayor disponibilidad de los modelos para realizar análisis métricos de rutina en la práctica clínica todo esto gracias a la aplicación de un software.⁽¹⁾

El empleo de este método en ortodoncia está caracterizado por el proceso que involucra el reemplazo de los modelos de estudio convencionales por modelos digitales, aprovechando las ventajas proporcionadas en cuanto a la obtención, diagnóstico, control y almacenamiento a las que están sujetas.⁽¹⁾

Para analizar la problemática que se presenta es necesario mencionar causas importantes como el tiempo empleado para la obtención de modelos de estudio convencionales, los cambios dimensionales a los que están sujetos, además los riesgos de alteración de la integridad al momento de manipularlos y almacenarlos, todos estos son factores ligados al trabajo clínico con modelos convencionales en ortodoncia.

El desarrollo de esta investigación tuvo una connotación de interés académico enfocado a sintetizar los diferentes usos que los profesionales dentro de la práctica ortodóntica pueden aprovechar para la obtención de un diagnóstico eficaz en distintos casos de estudio, así como guiar adecuadamente el tratamiento mediante controles métricos y tener un registro de todo el proceso. En lo que refiere al desarrollo profesional el interés fue conocer los diferentes análisis métricos que la digitalización de modelos proporciona sobre el área de ortodoncia.

El marco metodológico fue de tipo documental, descriptivo, de método inductivo y de enfoque mixto, mediante la revisión sistemática de artículos académicos de las principales bases de datos científicas, que bajo un marco estricto de criterios fueron escogidos para determinar la muestra y sobre la misma generar conclusiones y hallazgos.

Al existir diversas fuentes de información relacionadas a la exactitud y fiabilidad de distintos análisis de modelos digitales en comparación a los convencionales en el área de la ortodoncia,

surge la necesidad de proporcionar información mediante un compendio respecto al uso de la digitalización de modelos con fines ortodónticos, destacando sus principales características de aplicación de los programas software más usados para el diseño y análisis de modelos digitales, estableciendo las ventajas y desventajas que este método proporciona frente a los modelos convencionales.

Durante los últimos años, la tecnología guiada por computador ha sido desarrollada notablemente en la aplicación odontológica, de esta manera la digitalización de modelos con fines ortodónticos se ha convertido en una herramienta importante para el diagnóstico, plan de tratamiento y seguimiento, la pertinencia de este estudio estuvo enfocado a compensar la deficiente actualización de conocimientos sobre las tecnologías de aporte científico y clínico, que pueden proporcionarse a partir de un análisis sistemático de la información científica actual como una contribución que busca elevar el bajo nivel de dominio del mismo, mostrando las ventajas que ofrece este método, mediante la correcta aplicación de esta herramienta en el ejercicio clínico de la profesión.

El presente estudio es pertinente porque obedece a un problema relacionado con la discrepancia generada durante el uso modelos convencionales y su proceso de almacenamiento, realizando una inmersión hacia la digitalización de modelos para fines ortodónticos que permita solventar las falencias respecto a las dimensiones, tiempos de análisis - obtención y almacenaje.

Es importante realizar una investigación enfocada al método de análisis digital para el diagnóstico en este tipo de modelos, puesto que es una tecnología que permitirá de forma sencilla, rápida y fiable la determinación de medidas indispensables para un diagnóstico y plan de tratamiento ortodóntico, el desarrollo del objetivo principal de este estudio beneficiará a los estudiantes y profesionales que tengan afinidad con el área de ortodoncia, permitiéndoles tener acceso a este tipo de información, que será de utilidad para el desarrollo científico y profesional.

La transición de modelos físicos convencionales a digitales se está convirtiendo en una realidad, la inclusión de este método digital responde a los requerimientos de los profesionales que persiguen un desarrollo cognitivo y práctico por medio de la innovación para guiar sus tratamientos de ortodoncia, a pesar de que según varios autores la relación entre el alto costo y la curva de aprendizaje relacionada a la interacción entre el operador y el software es

desventajosa para el uso clínico; el uso de un programa de software para la visualización y análisis de modelos ortodónticos digitales es aceptable como cualquier método diagnóstico siempre que éste presente una alta confiabilidad.⁽²⁾

Uno de los principales problemas en la práctica clínica de la ortodoncia es el comprometimiento de las condiciones para la obtención de modelos de yeso convencionales, debido a la manipulación, almacenamiento y tiempo que conlleva este procedimiento, en razón de que el registro de modelos para el pre y post tratamiento involucra en detalle diferentes elementos para el diagnóstico, tratamiento y control en la práctica clínica.⁽³⁾

En Europa los modelos de estudio para fines ortodónticos son realizados usualmente para dirigir un diagnóstico, tratamiento y complementar la historia clínica del paciente, esto requiere además su almacenamiento en caso de investigaciones, auditorias legales e incluso por motivos educativos, debido al que el requerimiento médico legal del Reino Unido indica que todas las Historias Clínicas, incluyendo modelos de estudio deben ser conservados por un periodo de 11 años, esta necesidad ha generado problemas de almacenamiento para los ortodoncistas.⁽⁴⁾

En la Universidad de Cuenca se realizó un análisis métrico de la suma total del ancho mesio-distal superior e inferior de piezas dentales de 50 modelos de estudio, en donde se demostró que existen diferencias no muy significativas entre el método de análisis digital y manual, y se hizo énfasis en las desventajas que los modelos convencionales presentan debido a la composición del material que están fabricados.⁽⁵⁾

Durante la obtención de modelos de yeso varias fuentes de error están presentes, incluyendo el ambiente intraoral del paciente, la experiencia y destreza del operador, los materiales de impresión, su manipulación, desinfección y tiempo desde que se ha tomado la impresión hasta su vaciado, incluso el trimado y manipulación del modelo de yeso, aspectos que influyen sobre la exactitud dimensional en la reproducción de los modelos, afectando de esta manera en la obtención de medidas de diagnóstico confiables en ortodoncia, en consecuencia la digitalización de modelos se está desarrollando significativamente, sin embargo, existen ciertas discrepancias respecto al grado de exactitud y confiabilidad que este método ofrece sobre el método convencional.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁵⁾

Al realizar un enfoque sobre las tendencias ortodónticas, fue favorable haber ejecutado la presente investigación con la finalidad de determinar el uso de la digitalización de modelos en la práctica ortodóntica mediante la revisión sistemática de la literatura, destacando la importancia que la actualización de conocimientos representa, para ello se caracterizó la aplicabilidad del programa software más usado para el análisis de modelos digitales, posterior a ello se realizó una descripción de los tipos de análisis ortodónticos que la digitalización de modelos proporciona, y finalmente se estableció las ventajas y desventajas que los modelos digitales presentan frente a los modelos convencionales. Toda esta información beneficia directamente a los profesionales de la ortodoncia, que en base a los hallazgos recabados en este trabajo de investigación tengan conocimiento sobre las bondades de la digitalización y como esta ayuda a un diagnóstico más rápido y eficiente; así como también a los estudiantes en formación del área odontológica considerando la importancia del conocimiento de las alternativas diagnósticas innovadoras para su desarrollo profesional.

Palabras clave: Digitalización, Modelos dentales, Ortodoncia

2. METODOLOGÍA

La presente investigación se ejecutó mediante una revisión bibliográfica, que se enfocó al análisis de artículos científicos del área ortodóntica, abarcando publicaciones relevantes comprendidas en un periodo de 10 años, desde el año 2009 al 2019, dichas publicaciones fueron seleccionadas de forma sistemática mediante variables de estudio independiente (Ortodoncia) y dependiente (digitalización de modelos), además de descriptores para su búsqueda y selección.

2.1. Criterios de Inclusión y Exclusión

2.1.1. Criterios de inclusión:

- La recopilación de artículos estuvo orientada a publicaciones de revistas científicas, sean estos:
- Revisiones bibliográficas, metaanálisis, estudios clínicos de intervención, in-vitro y caso-control, de forma selectiva mediante el uso de descriptores clave y conectores relacionales (NOT, AND, AT LEAST ONE), comprendidas entre los años 2009 y 2019, de libre acceso (open access) y de opción de paga y suscripción.
- Artículos con contenidos verídicos y destacables sobre tecnología digital ortodóntica en auge.
- Contenidos de información trascendente y veraz sobre las técnicas de diagnóstico digital en ortodoncia.
- Investigaciones publicadas en revistas científicas en el idioma inglés.
- Artículos que fueron seleccionados en función del Average Count Citation (ACC).
- Artículos que encuentren publicados en revistas de categoría Scimago Journal & Country Rank (SJR).
- Artículos publicados en revistas con factor de impacto.

2.1.2. Criterios de exclusión:

- Promedio de conteo de citas inferior a 1,50 en base al Average Count Citation (ACC).
- Publicaciones sin índice de factor de impacto y categoría Q1, Q2, Q3 o Q4, según la base

de datos de Scimago Journal & Country Rank (SJR).

- Investigaciones sin sustento metodológico.

2.2. Estrategia de Búsqueda

Para efectos de una búsqueda con criterios que enmarquen los objetivos de investigación planteados se realizó una revisión sistemática y ordenada para la selección de información apropiada, proveniente de las siguientes bases científicas:

- Google Scholar
- PubMed
- Elsevier
- World wide science.

2.3. Tipo de estudio

Estudio descriptivo: Este estudio fue de tipo comparativo determinando los beneficios que nos puede brindar la digitalización de modelos en comparación a la toma de impresiones físicas en pacientes haciendo énfasis en las ventajas de la digitalización de modelos de estudio

Estudio transversal: Por medio de artículos científicos abalados en un determinado tiempo, se desarrolló un análisis y revisión de valores o datos enfocados en los veneficios que nos brinda la digitalización de modelos.

Estudio retrospectivo: Aquí se adjuntó todo tipo de información relevante sobre la eficacia de la digitalización de modelos y la relevancia de la toma de impresión para un buen diagnóstico odontológico comparando cada uno de sus beneficios.

2.4. Métodos, procedimientos y población

El proceso de búsqueda de artículos publicados a partir del año 2009 en adelante, se llevó a cabo por medio de prestigiosas bases de datos científicos como Google Scholar, Pubmed, Elsevier y World Wide Science; la selección de artículos partió del empleo de los criterios de inclusión así como los de exclusión analizados previamente, posterior a ello se analizó el promedio de conteo

de citas perteneciente a cada artículo Average Count Citation (ACC) siendo una herramienta referente para evaluar la calidad de una publicación científica, además los artículos fueron escogidos según el prestigio de la revista científica a la que pertenecen, considerando el factor de impacto que refleja la base de datos de Scimago Journal & Country Rank (SJR), clasificándolos en cuatro cuartiles: Q1, Q2, Q3 y Q4 de mayor a menor según su grado de acreditación, finalmente se empleó una valoración de la información disponible en el resumen en función de recopilar temas pertinentes al tema central de investigación.

Al aplicar la búsqueda mediante las variables de estudio “digitalización de modelos” y “ortodoncia” en el idioma inglés “Digitalization of models in orthodontics” El acervo inicial de artículos fue de 6332, posterior a ello se utilizaron descriptores clave y conectores relacionales lo que permitió reducir el número inicial de documento científicos a 756, con base en los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo 160, además se realizó un análisis del resumen de cada uno de ellos, para determinar su pertinencia con respecto al tema central de investigación; de tal manera, se seleccionó 80 publicaciones científicas que fueron valoradas según el promedio de conteo de citas (ACC), mismo que permite conocer la relevancia de artículo mediante una fórmula que divide el número total de citas registradas en Google Scholar (Índice H5) para el número de años vigentes de publicación, el valor de ACC mínimo que se consideró para efectos de esta revisión fue de 1,5 indicando un impacto moderado ; además se consideró el número de cuartil al que cada uno pertenece según la base de datos SJR, la cual indica la categoría de cada revista de publicación del artículo y su índice de factor de impacto, como un método de valoración de calidad del mismo.

Finalmente, y a partir de los criterios mencionados previamente se escogió 52 artículos, mismos que fueron analizados para efectos de la presente revisión; a su vez 5 artículos más se aplicaron para las diferentes secciones de este trabajo de investigación.

2.5. Instrumentos

Lista de cotejo y matriz de revisión de la bibliografía.

2.6. Selección de palabras clave o descriptores

Las palabras clave seleccionadas como criterios de búsqueda fueron: “Digital models”,

“Orthodontics”, “Software”, “orthodontic measurements”, “plaster models”; los descriptores de búsqueda de exclusión fueron: “prosthesis”, “prosthodontics”, “oral rehabilitation” y “surgical”.

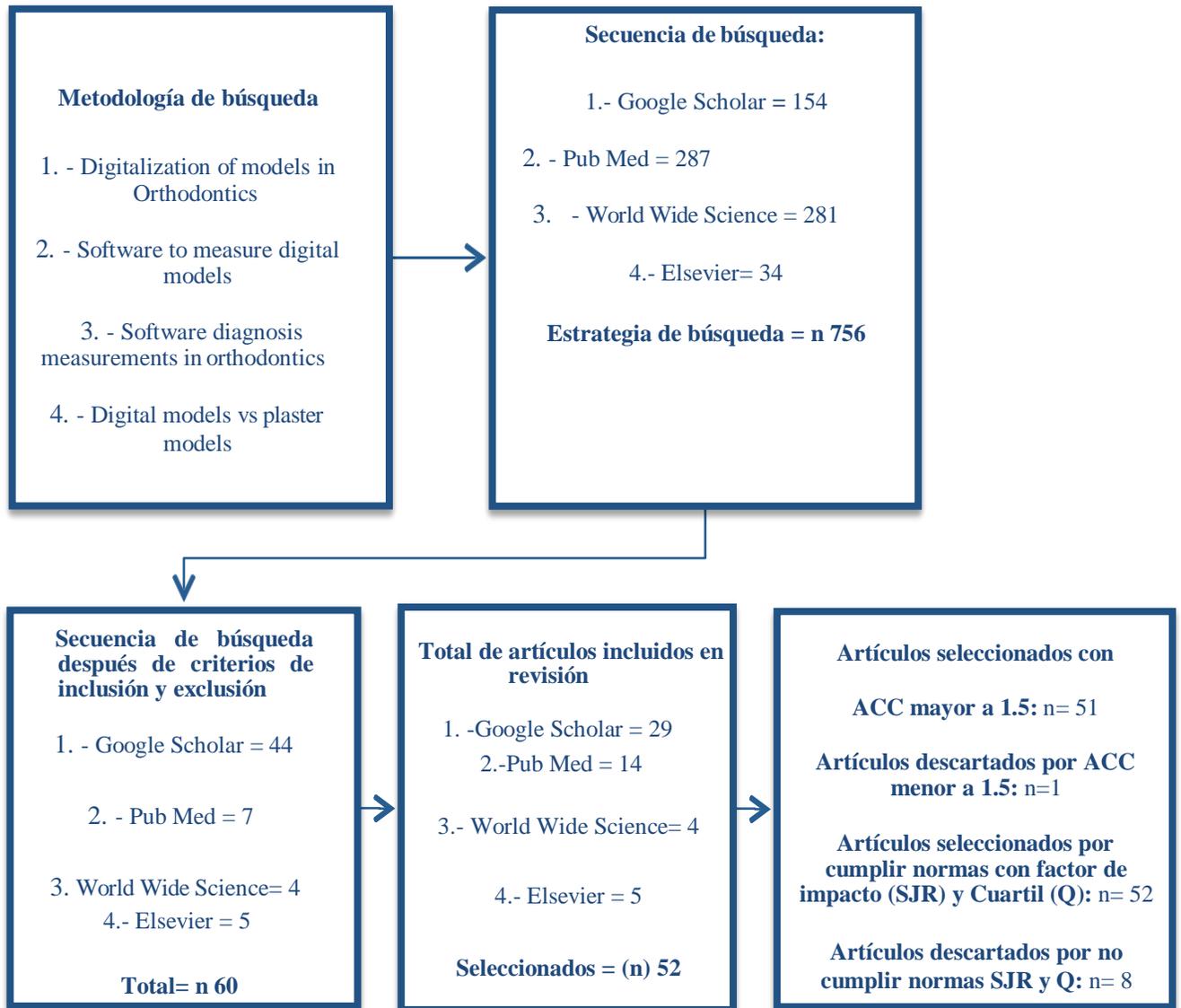
Por medio de una búsqueda avanzada se hizo uso de operadores lógicos como: “AND”, “NOT”, “AT LEAST ONE” para combinar las palabras clave, simplificando de esta manera el número de artículos relevantes para el presente estudio.

Tabla Nro. 1. Términos de búsqueda y selección de uso en las bases de datos.

Términos de Búsqueda	Bases de Datos
Digitalization of models in orthodontics “at least one plaster models, software measurements “not” prosthesis, prosthodontics, surgical	Google Scholar PubMed PMC World Wide Science Elsevier
((((Software digital models orthodontic measurements) NOT prosthodontics) NOT oral rehabilitation) NOT surgical))	
Software diagnosis measurements in orthodontics	
Software to measure digital models in orthodontics vs plaster models	

Elaborado por: Daniela Abdo

Gráficos Nro. 1. Metodología con escala y algoritmo de búsqueda.



Elaborado por: Daniela Abdo

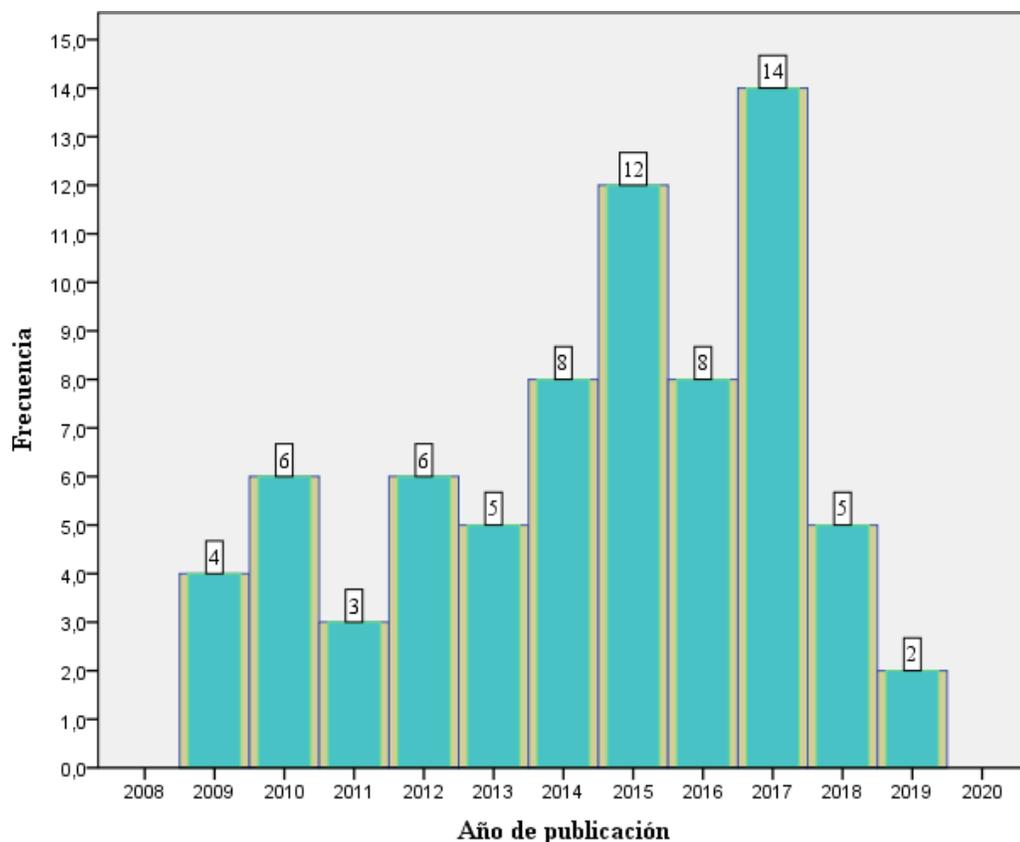
El método de selección de la muestra para la presente revisión fue intencional de tipo no probabilístico, enfocado en métodos deductivos e inductivos durante los procesos de búsqueda de tipo documental mediante el análisis e interpretación de artículos científicos concernientes a las variables de estudio: dependiente (digitalización de modelos de estudio) e independiente (ortodoncia), recabados de bases de datos científicas durante los años 2009 en adelante. Mediante tablas de revisión sistemática para la recolección de datos, se registró la información pertinente derivada de la lectura, para cumplir con los objetivos de la presente investigación.2.7.

2.7. Valoración de la calidad de estudios.

2.7.1. Número de publicaciones por año

El **gráfico Nro.2** permitió detallar el número de publicaciones por año, enmarcadas en el periodo 2009-2019, afines a la digitalización de modelos de diagnóstico en ortodoncia y su análisis mediante software; la muestra constó de 57 artículos con factor de impacto lo que determina su calidad, la mayor cantidad de artículos recolectados fueron 14 los cuales pertenecen al año 2017, seguidos del año 2015 con 12 artículos, el año 2014 mostró ocho artículos y de igual manera el año 2016, seis artículos pertenecen al año 2010 y la misma cantidad al año 2012, en los años 2013 y 2018 se registraron cinco artículos, mientras que en el año 2009 una cantidad de 4 artículos, en el año 2011 tres artículos, finalmente en el año 2009 se obtuvo solo dos artículos.

Gráficos Nro. 2. Número de publicaciones por año.

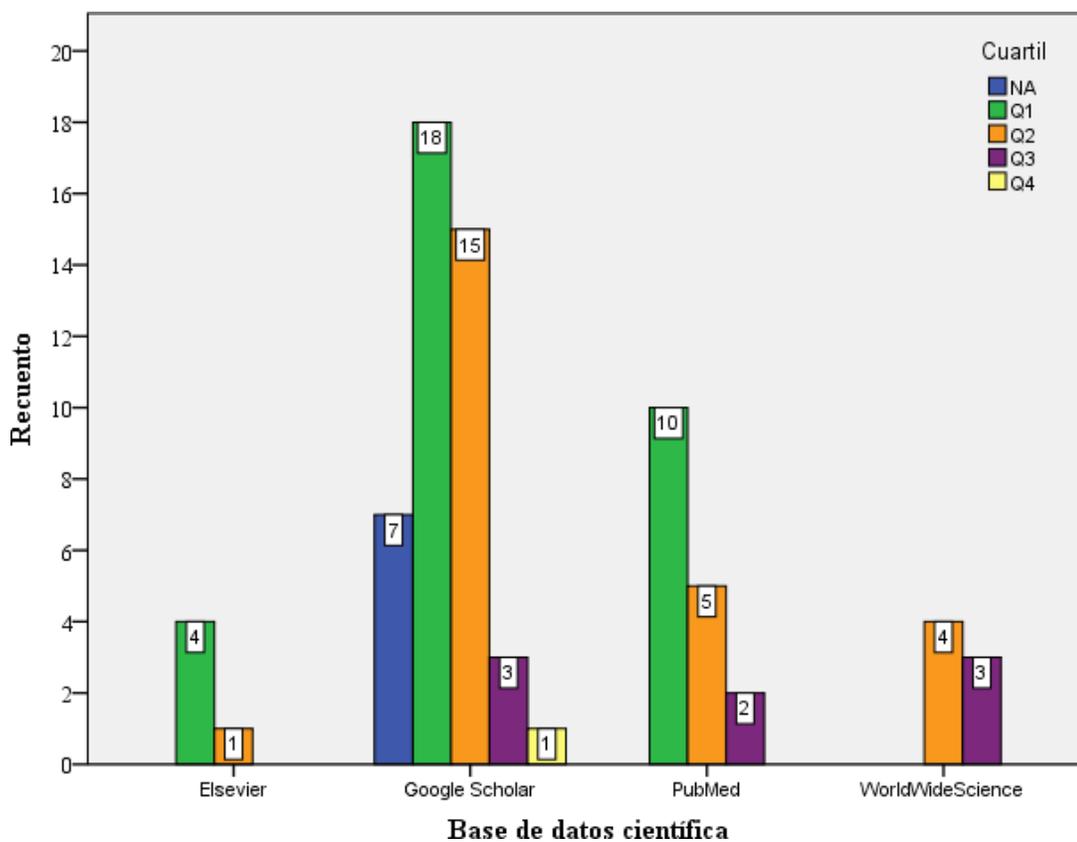


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.2. Número de publicaciones por el cuartil y base de datos

Las cuatro bases de datos científicas que se observan en el **gráfico Nro.3** permitieron la recolección de artículos científicos que fueron clasificados en cuatro cuartiles según su grado de impacto, siendo Q1 el de mayor peso de acuerdo con SJR, por lo tanto se determinó que la base de datos científica con mayor número de publicaciones Q1 y Q2 fue Google Scholar a pesar de que se registraron siete artículos en que no contaban con una clasificación de cuartil; Pubmed y Elsevier también proporcionan artículos con buena categoría, sin restar la importancia que World Wide Science proporciona.

Gráficos Nro. 3. Número de publicaciones por el cuartil y base de datos.

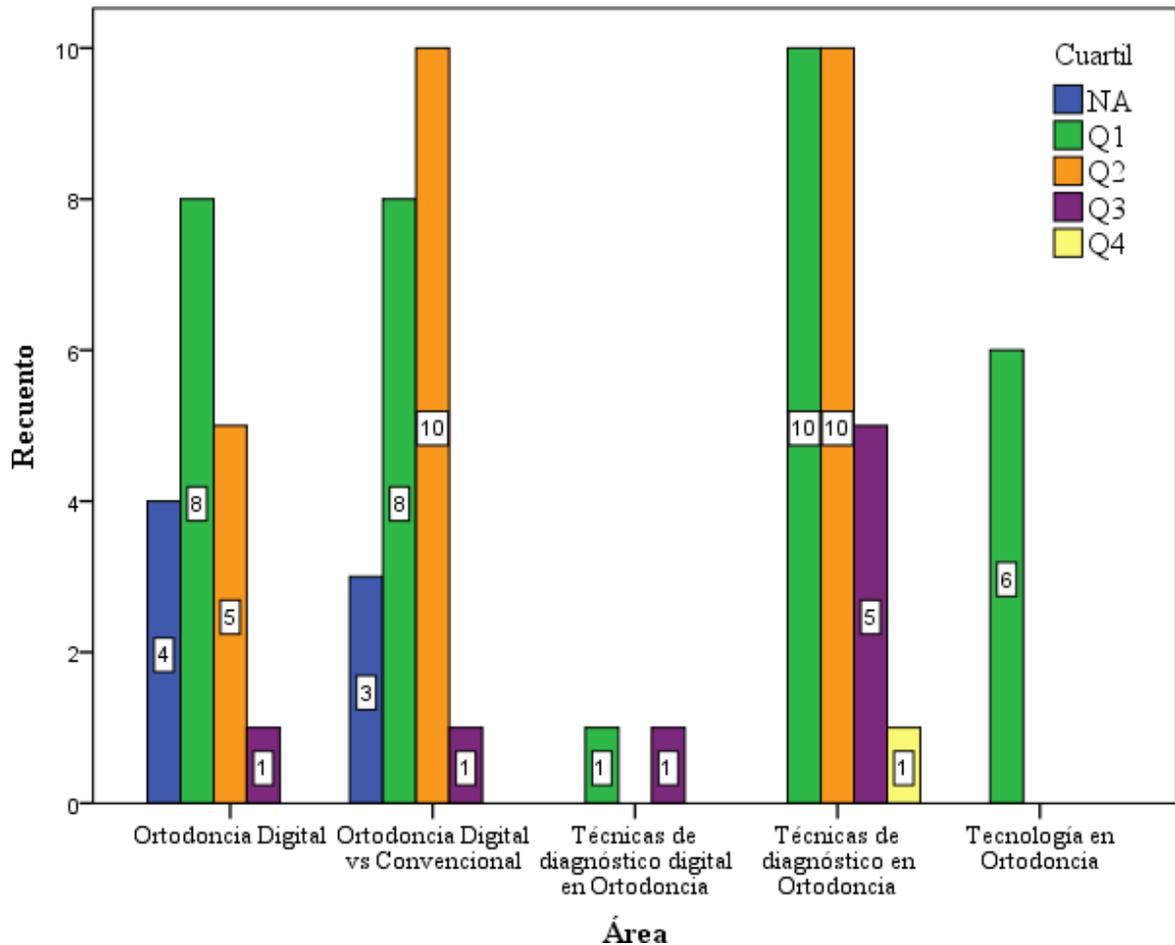


Base de datos científica
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.3. Número de artículos por área y cuartil

Durante la recolección de artículos se realizó un análisis que permitió establecer el área de aplicación al que pertenece cada uno, con la finalidad de agruparlos según su área de enfoque principal y relacionarlos con el cuartil; cómo se puede observar, en el **gráfico Nro.4** En las áreas de Técnicas de diagnóstico digital en Ortodoncia y Ortodoncia Digital vs Convencional se registró un mayor número de publicaciones científicas respaldadas por categorías Q1 y Q2 en su mayoría, sin embargo las áreas de Ortodoncia Digital y Técnicas de Diagnóstico en Ortodoncia constan de varios artículos Q1, lo que permite inferir que las investigaciones sobre tecnología usada para el diagnóstico digital en ortodoncia muestran una tendencia relevante.

Gráficos Nro. 4. Número de artículos por área y cuartil

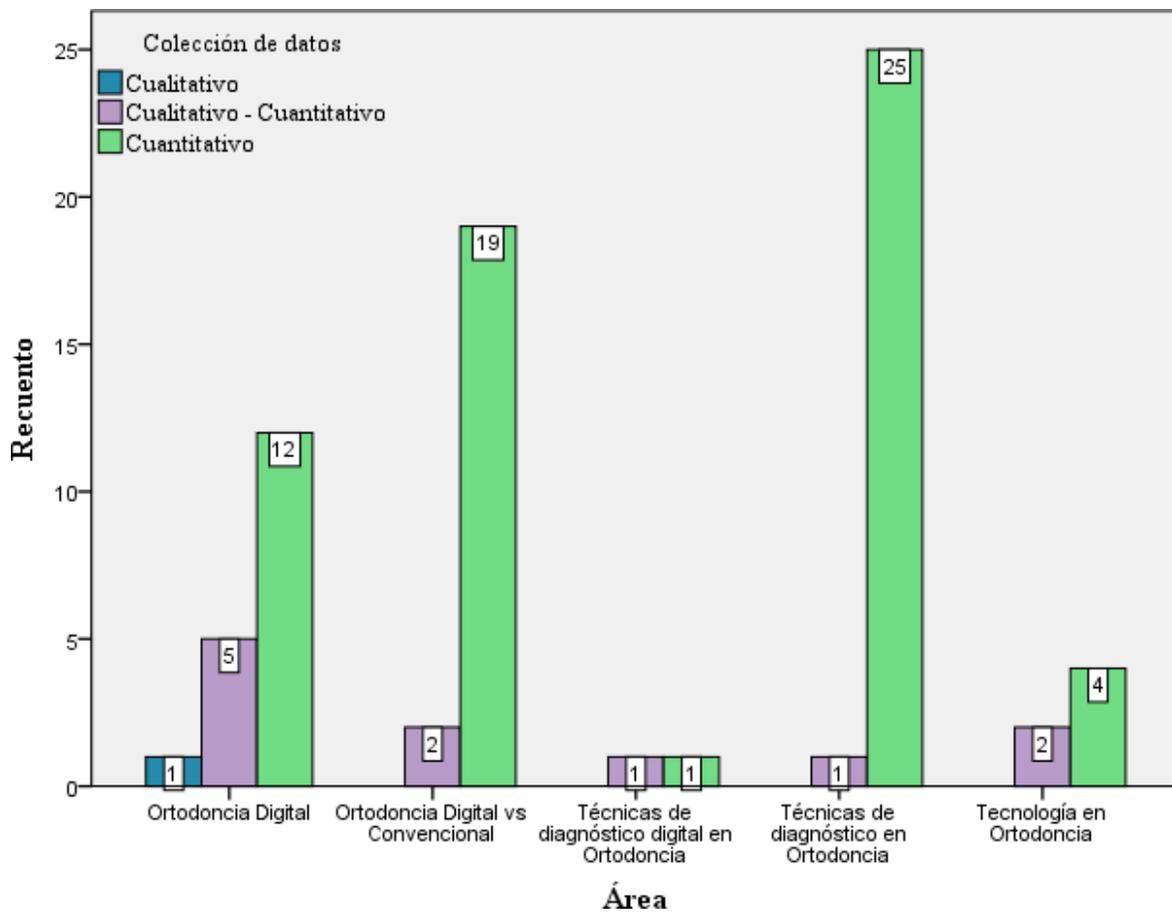


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25
Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.4. Número de artículos por área y colección de datos

El **gráfico Nro. 5** Nos permitió identificar que las investigaciones enfocadas a las Técnicas de en Ortodoncia están principalmente determinadas por un análisis cuantitativo de los datos que proporciona, de igual manera los estudios que comparan la ortodoncia digital vs la convencional lo hacen objetivamente con datos numéricos; a pesar de que en las demás áreas existen también estudios de análisis cualitativo o mixto, el número preponderante de estudios cuantitativos es relevante en la población de artículos seleccionados.

Gráficos Nro. 5. Número de artículos por área y colección de datos



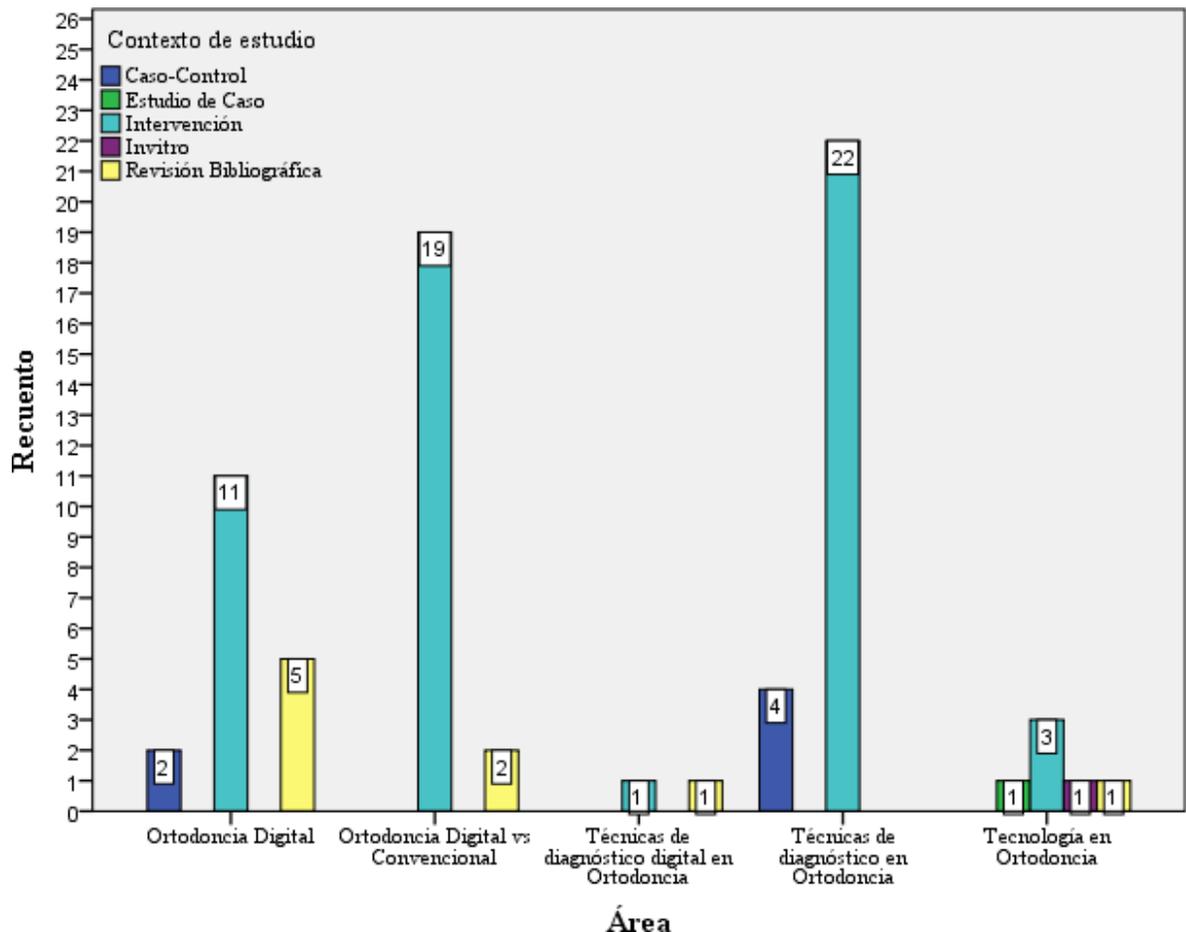
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.5. Número de artículos por área y contexto de estudio

El **gráfico Nro. 6** representa el número de artículos científicos recolectados de acuerdo al contexto en que se realizó el estudio sea de caso-control, estudio de caso, intervención, invitro o revisión bibliográfica; en el que se determinó que, el contexto más frecuente en el que se realizan estudios relacionados a todas las áreas que tienen que ver con la digitalización en ortodoncia, es la intervención clínica en pacientes; demostrando ser un método fiable para la consecución de resultados relevantes, sin embargo la revisión bibliográfica de la literatura aporta información significativa, tomando en cuenta que los demás contextos a pesar de no ser tan comunes presentan resultados importantes.

Gráficos Nro. 6. Número de artículos por área y contexto de estudio

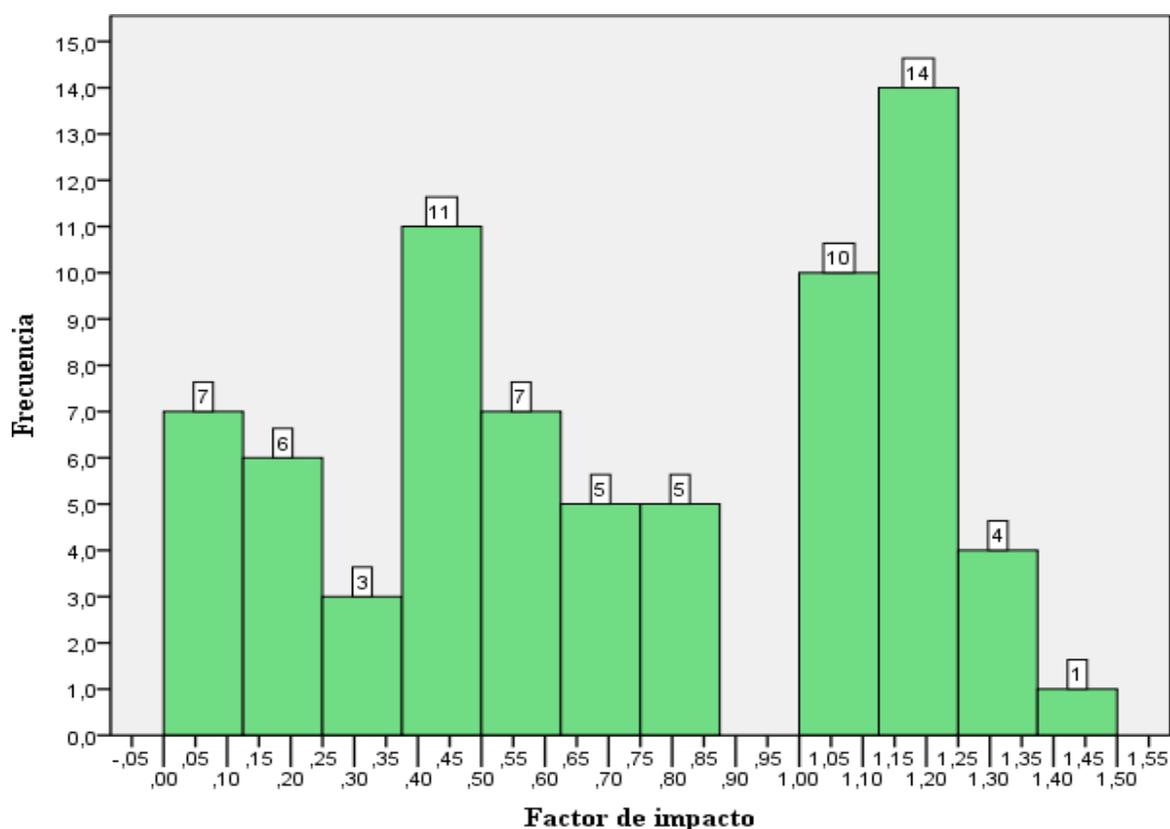


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.6. Número de artículos por factor de impacto (SJR)

El índice de factor de impacto registrado en la base de datos de SJR según la revista a la que está sujeta la publicación de un artículo, contribuyó significativamente con la selección de los mismos para la presente revisión, pues su valor es un indicador de la calidad de la publicación; el **gráfico Nro. 7** permitió identificar la cantidad de artículos que pertenecen a determinado índice de factor de impacto, se destacó una cantidad de 14 documentos científicos con un valor promedio de factor de impacto de 1.20, seguido de 11 con un índice promedio de 1.44, en cuanto al resto de publicaciones académicas aunque su frecuencia fue de 10 o menor mostraron su relevancia en el área de interés del estudio con base en los valores de factor de impacto que oscilan entre 0.10 a 1, 50.

Gráficos Nro. 7. Número de artículos por factor de impacto (SJR)



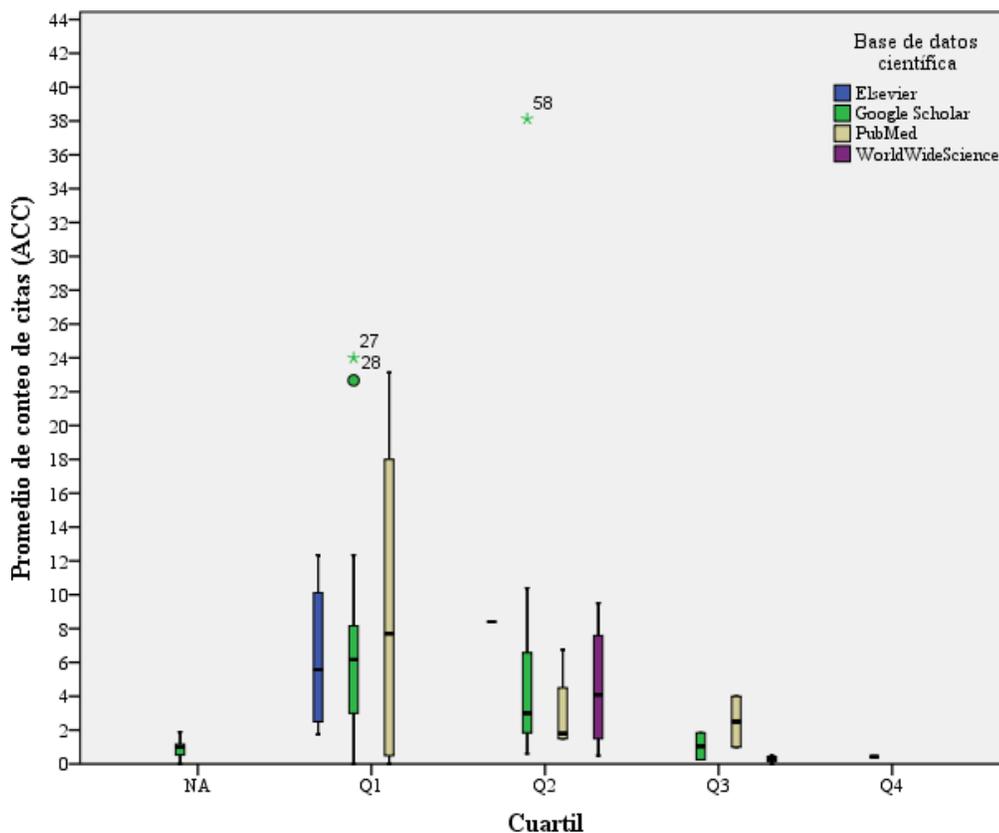
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Daniela Abdo

2.7.7. Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos

Para validar la calidad y confiabilidad que la información de un artículo científico ofrece es necesario analizar el promedio de conteo de citas (ACC) conjuntamente con otros factores como el cuartil que indica la categorización a la que un artículo está sujeto, el gráfico Nro. 8 muestra una concepción del cuartil con el ACC según la base de datos, de tal manera que Pubmed tiene una gran connotación en el cuartil uno con un ACC de entre 0.50 a 26; y en el cuartil dos y tres un ACC de 1.5 a 7 aproximadamente; Google Scholar presentó una gran relación en Q1 y Q2 con un ACC que oscila entre 0,60 a 38; Elsevier tuvo gran vinculación con Q1 mostrando un ACC de 1,75 a 12,33; finalmente la base de datos de World Wide Science con gran notabilidad en Q2 con un ACC que fluctúa entre 0.5 a 9.5; los artículos que no superan un ACC de 1,5 no fueron considerados dentro de la revisión sistemática; sin embargo, los mismos serán usados para las revisiones de concepción teórica.

Gráficos Nro. 8. Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos



Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Daniela Abdo

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

En muchas áreas del cuidado de la salud, existe un cambio respecto a la digitalización de la información y datos del paciente, el área de ortodoncia no es la excepción. Historias clínicas, rayos x y fotografías son un ejemplo, la introducción y uso de modelos digitales es inevitable en el desarrollo de la ortodoncia, debido a las ventajas que conlleva como la facilidad y efectividad de almacenamiento, acceso, durabilidad, transferibilidad, y versatilidad en el diagnóstico. Además, es posible una comunicación efectiva con pacientes o colegas con imágenes virtuales que pueden ser impresas o enviadas vía e-mail sin ningún esfuerzo, inclusive los profesionales pueden usar este sistema para fines de marketing para sus consultorios o clínicas mostrando la evolución de los pacientes, con el uso de tecnología en los tratamientos. Este sistema además hace posible la superposición de modelos digitales o fusionarlos con rayos x y fotografías digitales.⁽⁸⁾

Desde los primeros estudios que Duret realizó en 1971 sobre odontología asistida por computador, el uso de la tecnología CAD/CAM que traducido al español significa: diseño asistido por computador y fabricación asistida por computador ha ganado importancia, y con este el desarrollo de nuevos conceptos sobre nuevos métodos de tratamiento; esto sostiene que es indispensable una exacta digitalización sobre el estado inicial del paciente, a partir de este requerimiento, varios dispositivos han sido creados para suplir la demanda de las diferentes especialidades odontológicas; sin embargo, para el uso ortodóntico, la mayoría de casos requieren de un scan para arcadas completas y de uso rápido, para realizar un análisis digital mediante un software, y en otros casos un análisis manual después de haber realizado una impresión del modelo previamente escaneado.⁽¹⁰⁾ Desde la introducción de los modelos digitales en 1990⁽¹¹⁾, varios estudios han sido llevados a cabo con la finalidad de evaluar la exactitud y la reproducibilidad de las medidas evaluadas en un modelo, la exactitud hace referencia a la concordancia entre los valores obtenidos en la prueba índice y estándares de referencia, y este puede ser reemplazado por el término validez; el término reproducibilidad se refiere a la precisión de medidas exitosamente obtenidas en la misma prueba.⁽¹²⁾

Registros exactos son esenciales para un diagnóstico y plan de tratamiento efectivo⁽¹³⁾, esta

necesidad fue satisfecha con las representaciones 2D y 3D de la anatomía craneofacial del paciente, en donde los modelos de estudio son el componente en 3D.

La documentación clásica del paciente de ortodoncia se compone de una película lateral de la cabeza, ortopantomografía, fotografía facial y dental, además de los modelos de yeso. Los modelos de ortodoncia documentan las condiciones iniciales, el progreso del tratamiento y el resultado final del tratamiento, y también usan estos modelos para presentar sus resultados de tratamiento a compañeros de trabajo y pacientes con fines de educación, evaluación e investigación sistemática.⁽¹⁴⁾

3.1.1. Métodos de Diagnóstico

Una Buena práctica dental incluye una parte fundamental que es el adecuado almacenamiento de modelos de estudio como parte de la historia clínica; una historia clínica en ortodoncia incluye radiografías, modelos de estudio y fotografías clínicas.⁽⁴⁾

Tradicionalmente los modelos de estudio de yeso han sido utilizados en ortodoncia, pero su almacenamiento y recuperación puede resultar muy costoso y los modelos pueden ser dañados en el proceso. Archivar modelos de estudio en un formato 3D puede producir imágenes que duren sin el riesgo de daño o pérdida, siempre y cuando el almacenamiento de información sea seguro.⁽⁴⁾

Una correcta historia clínica en un paciente comprende los siguientes aspectos principales:

- Anamnesis.
- Examen clínico.
- Exámenes complementarios (fotografías, radiografías y modelos de estudio).

3.1.2. Modelos de Estudio

Los modelos dentales han sido una herramienta fundamental en la historia clínica del paciente, para evaluar su oclusión y además extremadamente usado en la decisión de un plan de tratamiento.⁽¹⁵⁾ De hecho, los modelos de estudio han sido reportados como los registros de mayor uso para la planificación de un tratamiento de ortodoncia.⁽¹⁶⁾ Hoy en día existe la

tendencia de incorporar modelos digitales en la práctica ortodóntica, pero sus ventajas pueden ser rechazadas si la exactitud y reproducibilidad de los métodos de análisis no son comparables con aquellos tomados en modelos de yeso con calibradores digitales.⁽¹⁶⁾

3.1.2. Modelos de yeso convencionales

Los modelos de yeso son una réplica exacta de la estructura dental del paciente⁽¹⁷⁾, estos modelos se realizan tomando previamente la impresión con alginato u otro material de impresión directo de la boca del paciente con lo que posteriormente se hace el vaciado (generalmente se usa yeso piedra) este hace su fraguado y se obtiene el modelo, y los mismos se han constituido en un elemento clave durante mucho tiempo en el tratamiento ortodóntico siendo el mismo uno de los elementos complementarios de mayor importancia. Estos son una valiosa herramienta para el diagnóstico y tratamiento, y pueden proveer una copia dinámica del progreso o mejoramiento de los casos ortodónticos, es ampliamente utilizado, pero en ocasiones asociado a problemas como el almacenamiento, fracturas y pérdidas.⁽¹⁸⁾

A pesar de que los modelos de yeso son considerados actualmente una referencia Gold standard para el diagnóstico en ortodoncia⁽³⁾⁽¹⁹⁾⁽¹⁶⁾, las medidas en modelos de yeso pueden involucrar errores⁽¹⁶⁾, algunos de estos errores sistemáticos y aleatorios pueden resultar de instrumentos de medición, dificultades en el proceso de medición, habilidades del operador y por la expansión del alginato debido a la imbibición de agua.⁽²⁰⁾

El análisis de modelos de yeso utilizando instrumentos de medición, cálculos y tablas es un método que retrasa el tiempo de análisis en la práctica ortodóntica.⁽⁷⁾

3.1.3. Digitalización de Modelos

Se trata de obtener modelos digitales en el ordenador, para lo que existe dos métodos, el primero y aún vigente es de la digitalización de modelos de yeso u otro material de impresión, y el segundo la digitalización directamente en boca, es una parte muy importante de la odontología que utiliza un sistema de información del paciente sin papeles, como historias clínicas virtuales, fotografías digitales y todo el procedimiento dental en forma digital.⁽²¹⁾

Con el aumento de la aceptación de la tecnología digital en odontología, los modelos digitales se han popularizado en el contexto ortodóntico. La tecnología que permite la obtención de modelos digitales ofrece un alto grado de eficiencia y conveniencia para los ortodoncistas, comparado con los modelos de estudio físicos convencionales, esto estimula rápidamente la adopción de esta tecnología en clínicas ortodónticas.

OrthoCADTM (Cadent, Carlstadt, NJ, USA) introdujo los modelos virtuales en 1999, seguidos por E-modelsTM en el 2001.⁽⁷⁾ Los dos productos han sido evaluados y se los encontró útiles para el proceso de planificación en un tratamiento. Estos para ser lanzados al mercado fueron sometidos a pruebas de calidad donde se tomaron medidas en relación con el análisis de Bolton que no fueron significativamente diferentes de aquellas llevadas a cabo en el “estándar de oro” en donde fueron los modelos de yeso originales de los cuales los modelos digitales fueron desarrollados. A pesar de que las medidas lineales con un calibrador digital en un modelo físico fueron más exactas que las realizadas en modelos digitales⁽²²⁾, la exactitud de las medidas digitales son consideradas clínicamente aceptables. Otra consideración es que hay una mayor facilidad al realizar medidas utilizando diferentes programas software.⁽¹⁶⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾ Para la marca más actual de modelos digitales bajo esta modalidad, la tecnología para crear modelos es externalizada de la práctica ortodóntica, enviando impresiones de alginato o los modelos de yeso a la compañía especializada en su creación.⁽²⁵⁾ Después de alrededor de 8 de días, los modelos pueden ser descargados desde el sitio web de la compañía. Este proceso tiene la ventaja de que no se necesita invertir en tecnología ni conocer como producir modelos virtuales, sin embargo, un error potencial se puede dar por el hecho de que las impresiones de alginato son enviadas por correo y corren el riesgo de sufrir cambios dimensionales si el tiempo en llegar es prolongado, a su vez los modelos vaciados en yeso pueden sufrir fracturas o despostillarse en el camino, lo que afectaría considerablemente la exactitud en su digitalización por lo que este método no es muy recomendado si es que la entrega no va a ser personalizada, sin tomar en cuenta que este proceso retrasaría el tiempo en el tratamiento del paciente.⁽²³⁾

La pasada década ha visto la aparición de los modelos digitales con una calidad aceptable, permitiendo que las historias clínicas ortodónticas sean completamente digitalizadas.⁽²⁶⁾ Para los ortodoncistas lo más importante de un modelo digital es la exactitud y fiabilidad pero sobre todo la comodidad de obtener datos reales en 3D y realizar sus diagnósticos basados en RX,

fotografías y proyecciones que los modelos digitales ofrecen en el diagnóstico. A pesar de varios consensos que indican que las medidas en modelos digitales comparadas con aquellas derivadas de modelos de yeso son similares⁽²⁷⁾, varios estudios que han investigado medidas complejas como el espacio disponible, índice de irregularidad y el análisis de Bolton indican que las principales diferencias entre modelos de yeso y digitales pueden exceder 1,5 μm (+ -) ⁽⁹⁾, sin embargo existen también evidencias que se contraponen a esta teoría debido a que sostienen la validez que los modelos digitales ofrecen para las medidas anteriormente mencionadas.⁽²⁸⁾ Algunos profesionales obtienen los modelos digitales por medio de los servicios de los propietarios, las impresiones tradicionales y los modelos de yeso deben ser entregadas a la compañía seleccionada de modo que puedan ser escaneadas y los modelos digitales puedan ser generados y estén disponibles para ser descargados.⁽¹⁹⁾ Si no se realiza la entrega en físico y directamente a la empresa puede ser que en su envío estos modelos se fracturen y haya errores en la digitalización de los mismos, alterando gravemente sus dimensiones y afectando el tratamiento en el paciente. Además, existen diferencias entre técnicas específicas durante la fase de producción de modelos digitales como los algoritmos de la superficie escaneada. Todo esto probablemente afecta la variabilidad estadística relacionada con la exactitud de modelos digitales.⁽¹⁹⁾ Lo que dio pie a las nuevas actualizaciones en software a la eliminación del paso de toma de impresiones y la generación de modelos de forma directa en boca, una forma de hacer esto es usando archivos DICOM(soluciona problemas de interoperabilidad entre dispositivos) obtenidos mediante escáneres CBCT, lo que permite la visualización de las estructuras supragingivales así como los dientes impactados, niveles de hueso y articulaciones⁽¹⁹⁾ teniendo como desventaja la exposición del paciente a la radiación y la falta de visualización de las superficies oclusales a detalle.⁽²⁹⁾ Esto llevo a la necesidad de crear un escáner intraoral que resulta ser mucho más apropiado.

Los escáneres intraorales, ahora están ampliamente disponibles de parte de muchos fabricantes, vienen en unidades independientes, lo que los hace portátiles dentro del consultorio.⁽¹⁹⁾

Un ejemplo de este tipo de escáneres es Cadent iTero scanner running software versión 4.0.5.31.⁽¹⁹⁾ Las imágenes están disponibles para una vista en el sillón dentro de los dos minutos después de completado es escaneado, después estas imágenes son enviadas vía internet a Align Technology, en donde son procesadas y puestas a disposición para ser descargadas dentro de

48 horas como un archivo en formato estereolitografía. Este formato es un modelo estándar para el diseño asistido por computador y puede ser vista fácilmente y manipulada en varias aplicaciones software sin pérdida de la calidad.⁽¹⁹⁾

Los escáneres para sillón ofrecen la ventaja de obtener modelos digitales directamente del paciente sin la necesidad de impresiones dentales.⁽¹⁹⁾

La digitalización de modelos obtenidos mediante un escaneado, es una técnica indirecta para la obtención de imágenes en donde modelos de yeso o impresiones son escaneadas por medio de un láser y posteriormente reconstruidas como un archivo digital, la mayoría de escáneres para la obtención de modelos digitales usan una o más cámaras con una fuente de luz láser o LED, a pesar del paso extra que esto involucra en comparación a un CBCT, el cual es una técnica de imagen directa; los escáneres para la obtención de modelos digitales han ganado popularidad en la práctica ortodóntica de muchos clínicos debido a que ocupan menos espacio comparado a los modelos físicos, además proveen un acceso conveniente para el estudio y análisis de los modelos.⁽³⁰⁾

Actualmente existen distintos métodos para obtener modelos digitales, cada uno con sus ventajas y desventajas; CBCT que sus siglas traducidas al español es una Tomografía Computarizada de Haz Cónico, provee imágenes tridimensionales de la anatomía dental y craneofacial, aportando un alto grado de exactitud, y una extensa información para el diagnóstico. Sin embargo, el uso de CBCT en el campo ortodóntico es a veces limitado debido a circunstancias como el riesgo de exposición a altas dosis de radiación, la impresión digital directa ofrece modelos con un alto grado de exactitud e información exclusiva para el diagnóstico, sin la necesidad de realizar impresiones. Varios estudios respaldan el uso clínico de modelos digitales computarizados basados en las diferencias clínicas insignificantes que han sido reportadas entre modelos físicos y digitales en términos de medidas incluyendo dimensiones de los dientes y del arco.⁽¹⁹⁾

Whetten estudió las diferencias con respecto a las decisiones para un plan de tratamiento en pacientes con maloclusión clase II, entre modelos de estudio físicos y digitales, llegaron a la conclusión de que los modelos digitales tienen mucha exactitud en relación a los modelos físicos en la planificación del tratamiento en pacientes con maloclusión clase II, pues los

modelos digitales están siendo usados de forma creciente en el diagnóstico y planificación del tratamiento ortodóntico por su exactitud para realizar pruebas y análisis, es importante especialmente porque los nuevos escáner 3D y software con diferentes tecnologías y metodologías ya han sido introducidas al mercado.⁽³⁰⁾

Los registros dentales que son tomados en boca con materiales como siliconas o alginatos, están asociados a errores como la sinéresis o rupturas de los modelos durante la transportación de los mismos hacia los laboratorios para ser digitalizados⁽¹⁾, o a la pérdida de información debido a el proceso de escaneado.⁽³¹⁾ Sin embargo, existen estudios que han concluido que los modelos digitales son exactos y reproducibles, y que ofrecen valores de medidas dentales clínicamente aceptables⁽³¹⁾.

Una gran parte de modelos digitales se obtienen a partir de impresiones de alginato, las cuales son directamente escaneadas y vaciadas en yeso para obtener modelos de estudio y luego escanearlos, posteriormente los modelos digitales también son obtenidos de CBCT que se produce mediante un scan de la cabeza del paciente, cuando este examen ha sido solicitado previamente para examinación de otras razones clínicas, el uso de modelos dentales generados de CBCT pueden traer ventajas tales como reducir costos del procedimiento de toma de impresiones, sumado a otros beneficios de los modelos digitales, sin embargo, los modelos digitales obtenidos de CBCT exhiben limitada reproducción anatómica de las superficies oclusales e interproximales de los dientes.⁽¹⁹⁾

Los avances recientes respecto a la creación de sistemas digitales para la fotografía y radiografía dental han permitido la introducción e investigación de métodos que permiten la digitalización de modelos de pacientes y el manejo enteramente computarizado de los documentos del paciente; los métodos que han sido considerados incluyen la fotografía, holografía, estereofotogrametría, escáneres foto-ópticos y láser-ópticos, todos estos métodos se esfuerzan por compensar los inconvenientes que los modelos de yeso presentan mostrando modelos dentales en digital para un posible análisis basado en medidas mediante un software.⁽⁷⁾

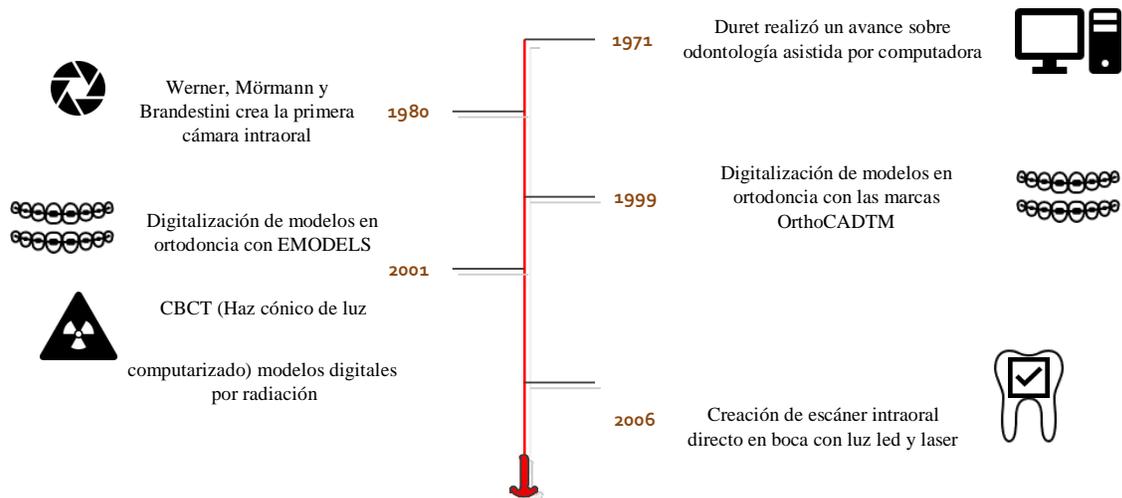
La exactitud y reproductibilidad de las medidas de los dientes en el arco dental y de toda la longitud del arco están influenciadas por algunos factores como la inclinación, rotación, contactos interproximales, variaciones anatómicas y variabilidad entre examinadores, la primera

técnica mencionada aún es usada pero con la aparición de escáneres directos a boca va quedando obsoleta.⁽³²⁾

El proceso de digitalización de modelos posee un tiempo de escaneado restringido y posee dificultades escaneando los puntos de contacto y las dimensiones verticales de la encía en el arco dental.⁽¹⁹⁾

Según Akyalcin al obtención directa de modelos digitales de los arcos dentales con un escáner para sillón proveen una mejor calidad de información diagnóstica en comparación a los modelos digitales obtenidos con cone-beam computed technology.⁽¹⁹⁾

Gráficos Nro. 9. Historia evolutiva del scanner



Elaborador por: Daniela Abdo

3.1.4. Modelos Digitales Tridimensionales

Debido a la rápida adopción de escáneres para la producción de modelos tridimensionales en las clínicas odontológicas, diferentes fabricantes están continuamente introduciendo nuevos escáneres y productos software con diferentes características y mejoras tecnológicas como la capacidad de integrar modelos digitales escaneados con CBCT.⁽³⁰⁾

Los modelos tridimensionales virtuales tienen un amplio rango de aplicaciones en odontología.⁽³³⁾ La exactitud y reproducibilidad de los modelos tridimensionales han sido investigados, en efecto no han encontrado diferencias estadísticamente significativas al comparar medidas de modelos de estudio en 3D y modelos de yeso.⁽⁴⁾

El estudio realizado por Saleh demostró la validez de los modelos digitales derivados de un proceso de escaneado, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre las medidas tomadas directamente en modelos de yeso y en las medidas tomadas en modelos digitales, la media de diferencia para todas las medidas tomadas fue de 0.10 a 0.19 μm , esto indica que los modelos digitales pueden ser considerados como una buena representación de la oclusión dental de un paciente.⁽³³⁾

El programa Arius3D Foundation System™ es usado para escanear modelos de estudio ortodónticos y el mismo software es usado para producir imágenes 3D.⁽⁴⁾

Actualmente, existen 3 métodos para la producción de modelos de estudio digitales ortodónticos desarrollados por 7 compañías.⁽¹³⁾

- Escáner laser de modelos de yeso.⁽²⁵⁾
- CBCT imágenes creadas a partir de impresiones ortodónticas o modelos de yeso.⁽²⁾
- Escáner láser intraoral directo de los arcos dentales del paciente en boca.⁽²⁵⁾

3.1.5. Método Digital

El análisis de modelos de estudio digitales consiste en una evaluación tridimensional de los arcos maxilar y mandibular y de la relación de máxima intercuspidad, es una de las herramientas básicas de diagnóstico y plan de tratamiento.⁽²¹⁾

El primer sistema para evaluación digital fue introducido al mercado en el 2001. Desde entonces, varios sistemas han sido comercializados, los modelos digitales pueden ser producidos mediante dos métodos, uno directo y otro indirecto, el método directo requiere el uso de escáneres intraorales y el método indirecto requiere el uso de un láser escáner o imágenes tomográficas computarizadas de impresiones o modelos de yeso; subsecuentemente, los escaneados son convertidos en imágenes digitales que son guardadas por los servidores de los fabricantes, los modelos de esta manera están disponibles para ser descargados mediante la cuenta del titular, y el fabricante provee un software para la realización de medidas de rutina. Sin embargo, existe la duda de que las pantallas bidimensionales de computadoras puedan proveer tanta información como lo hacen los modelos de yeso tridimensionales en términos de diagnóstico, plan de tratamiento y evaluación.⁽⁸⁾

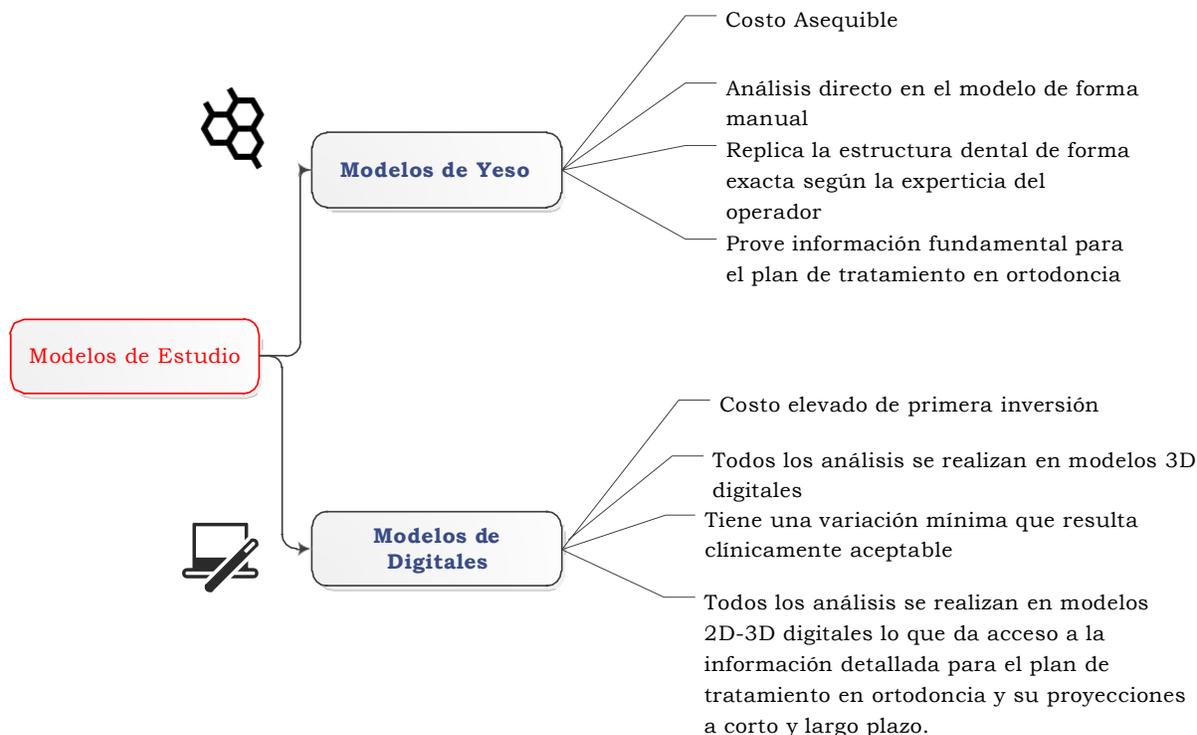
Saleh concluye que usar modelos de estudio digitales puede ser un método fiable, reemplazando el método convencional.⁽³³⁾ La falta de información sobre un intervalo apropiado entre la adquisición de modelos de yeso y digitales puede llevar consigo un margen de error, como resultado de enfermedades orales o traumas los cuales pueden cambiar la morfología de los dientes que pudieran ser sometidos a medición.⁽³⁴⁾

Otro motivo para evitar este método es en casos de arcos con restauraciones⁽³⁵⁾, y en pacientes con dentición primaria y mixta por razones de evitar el riesgo a la exposición de radiación ionizante.⁽³⁴⁾

La calidad de la imagen puede ser afectada por artefactos durante el proceso de escaneado, además por el movimiento del paciente y por una pobre reconstrucción de superficies oclusales del paciente en algunos casos⁽¹⁶⁾, por lo tanto todos estos problemas pueden afectar los valores de las medidas dentales.

Otra desventaja es que los archivos de modelos digitales obtenidos mediante CBCT no vienen en el mismo formato o aspecto que los autores no especifican.⁽³⁶⁾

Gráficos Nro. 10. Características de los modelos convencionales y digitales.



Elaborador por: Daniela Abdo

3.1.6. Análisis de los modelos de Estudio

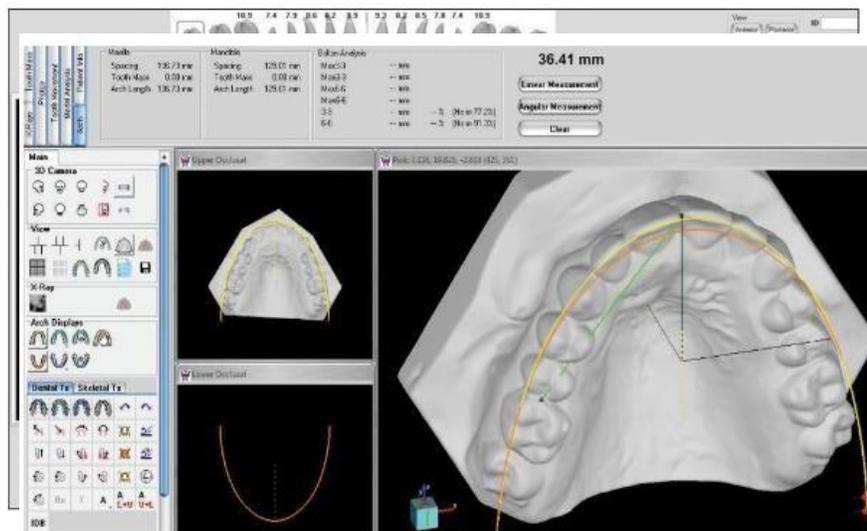
Los modelos de estudio son una forma confiable y popular de registro de diagnóstico. Dado que son una representación dimensionalmente precisa de la dentición, se pueden obtener una serie de mediciones y análisis, como la discrepancia en la longitud del arco del tamaño del diente y la predicción del tamaño del diente permanente a partir de modelos de estudio de yeso.⁽¹⁴⁾

El análisis de modelos juega un rol vital en el diagnóstico y subsecuente plan de tratamiento. El análisis de espacio es tradicionalmente realizado por medio de un contraste entre el tamaño mesio-distal de los dientes en el arco dental con el tamaño de la curva parabólica que es descrita por una línea sobre la base de la dentadura desde la parte mesial del primer molar derecho a la parte mesial del primer molar izquierdo, la línea es dibujada sobre los puntos de contacto de los dientes posteriores, las puntas de las cúspides de los caninos y los bordes incisales de los

incisivos centrales y laterales, esta curva es definida como la longitud del arco, o espacio disponible.⁽³²⁾

Durante los análisis ortodónticos, la toma de mediciones en el arco pueden estar influenciadas por varios factores como la inclinación de los dientes, rotación, contacto proximal, variaciones anatómicas y la variabilidad entre examinadores.⁽³⁷⁾

Gráficos Nro. 11. Modelos de estudio a partir de láser



Fuente: Kim ⁽³⁷⁾

3.1.6.1. Análisis de Bolton

El análisis de Bolton es empleado universalmente para determinar anomalías en el tamaño de los dientes para propósitos de diagnóstico y plan de tratamiento. En 1958, Bolton hizo un análisis en pacientes con una oclusión ideal y estableció 2 radios usando la suma de los anchos mesio-distales de los dientes en el hueso maxilar y mandibular. El análisis de Bolton permite determinar la discrepancia en el tamaño de los dientes y el grado de diferencia del radio ideal.⁽³⁰⁾

El método propuesto por Bolton en 1958 se ha convertido en uno de los métodos más confiables, principalmente debido a su facilidad de ejecución y aplicación.⁽³⁶⁾

El análisis de Bolton es una herramienta valiosa que es capaz de identificar desacuerdos proporcionales en el tamaño de las piezas dentales, entre estas y el hueso maxilar y mandibular, lo que podría afectar negativamente una relación dental correcta, muy deseada durante el

tratamiento de ortodoncia.⁽³⁸⁾

Tradicionalmente, los índices de Bolton se miden manualmente con la ayuda de un divisor de arco o un calibrador en modelos dentales.⁽³⁹⁾ Sin embargo, con el desarrollo tecnológico significativo que existe, muchos ortodontistas usan computadoras y registros de ortodoncia digitalizados para ayudarse en el diagnóstico y la planificación del tratamiento.⁽⁴⁰⁾

Para realizar el análisis de Bolton en el estudio de Kim y Lagravère⁽⁴¹⁾ se tomaron dos puntos de referencia que coinciden con el ancho mesio-distal máximo de los dientes, estos fueron localizados en cada diente de primer molar a primer molar en el arco maxilar y en la arcada mandibular, resultando en 48 puntos de referencia por cada escaneado mediante CBCT de cada paciente, para cada punto de referencia fueron grabadas coordenadas x, y, z, los valores de las medidas del ancho mesio-distal de los dientes fueron obtenidas calculando las distancias entre las coordenadas de los dos puntos de referencia correspondientes, el ancho mesio-distal de los dientes fue medido por medio de un calibrador digital⁽⁹⁾ y para minimizar los errores un solo operador realizó el proceso de análisis; para el análisis de Bolton los modelos de yeso en este estudio fueron considerados como el Gold standard o valor verdadero porque el análisis de Bolton está basado en estas medidas, todos los modelos de yeso fueron escaneados usando el programa Ortho Insight 3D laser scanner⁽⁷⁾, con una resolución configurada en la mitad, por medio del software Ortho Insight 3D (versión 4.0.6), cada modelo fue digitalizado.

Para el análisis de Bolton la digitalización de modelos consiste en seleccionar la extensión de la masa de cada diente, después asignar el eje vestibular de cada diente, el operador a demás localiza el ancho mesio-distal de los dientes; el radio anterior y total de Bolton fue computarizado usando la función de análisis de medidas.⁽³⁰⁾

Los escaneados con CBCT fueron tomados mediante un I-Cat a 120 k, 7 más y con un tiempo de 8.9 segundos por imagen, las imágenes fueron tomadas en una vista amplia de 0.3 boceles, y fueron convertidas a imágenes digitales y a un formato Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) y analizados por medio de Avizo software (standard edition version 6.0; Mercury Computer System Inc., Chelmsford, MA, USA); para localizar los puntos de referencia requeridos en las imágenes se empleó una visualización en 3D usando la función Isosurface configurado a un umbral de 600 a 2700 dependiendo de la imagen del paciente y los cortes de

visualización usando la función OrthoSlice configurado a un ancho máximo para poder controlar el contraste y ajustado a un valor central para una percepción óptima de cada escaneado.⁽³⁰⁾

3.1.6.2. Análisis de Moyers

El análisis de Moyers se basa en una tabla para dar a conocer el espacio que va a ser necesario para la aparición en boca de los premolares y caninos permanentes que están por erupcionar, esto se dará según el espacio disponible en los huesos maxilar y mandibular. Determinaremos este espacio midiendo el espacio que existe entre la cara distal del incisivo lateral mandibular o maxilar según sea el caso y la cara mesial del primer molar definitivo de la misma manera sea mandibular o maxilar.⁽⁴²⁾

Tabla Nro. 2. Predicción al 75% del análisis de Moyers

MAX SUP	SUM 4II	19.5 mm	20 mm	20.5 mm	21 mm	21.5 mm	22 mm	22.5 mm	23 mm	23.5 mm	24 mm	24.5 mm	25 mm
	ESP REQ	20.6 mm	20.9 mm	21.2 mm	21.5 mm	21.8 mm	22 mm	22.3 mm	22.6 mm	22.9 mm	23.1 mm	23.4 mm	23.7 mm
MAX INF	SUM 4II	19.5 mm	20 mm	20.5 mm	21 mm	21.5 mm	22 mm	22.5 mm	23 mm	23.5 mm	24 mm	24.5 mm	25 mm
	ESP REQ	20.1 mm	20.4 mm	20.7 mm	21 mm	21.3 mm	21.6 mm	21.6 mm	22.2 mm	22.5 mm	22.8 mm	23.1 mm	23.4 mm

Fuente: Moyers ⁽⁴²⁾

Este valor será comparado con los 4 valores que da Moyers en su tabla:

1. Maxilar superior: hemiarcada derecha.
2. Maxilar superior: hemiarcada izquierda.
3. Maxilar inferior: hemiarcada derecha.
4. Maxilar inferior: hemiarcada izquierda.

Finalmente se compara la discrepancia que existe entre el espacio disponible en la arcada y el espacio requerido establecido en la tabla de Moyers, siendo que este valor puede ser positivo (este se da cuando el espacio disponible es mayor que el espacio requerido), o puede ser negativo (se da cuando el espacio disponible es menor que el espacio requerido).

3.1.6.2.1. Inclínación de los dientes anteriores

La inclinación de los dientes anteriores es un factor extremadamente importante en la estética de la sonrisa. Ha sido introducido como una de las 6 llaves de oclusión por Andrews.⁽⁴³⁾ Además, es un parámetro fundamental en la determinación de la prescripción de aparatos ortodónticos preajustados. Dos cuestiones son importantes para la medición de la inclinación del diente: la herramienta de medición y un punto de referencia definido. Se han utilizado varias herramientas para este propósito: mediciones angulares cefalométricas.⁽⁴⁴⁾

3.1.6.2.2. La angulación de la raíz

La angulación de la raíz es un criterio de la Asociación Americana del sistema de clasificación de ortodoncia que se utiliza para evaluar qué tan bien se han posicionado las raíces de los dientes entre sí. Si bien las radiografías panorámicas todavía se consideran una herramienta práctica para evaluar las angulaciones de la raíz y los paralelismos de la raíz antes y después del tratamiento, tienen muchas limitaciones, incluidas distorsiones de imagen, dientes superpuestos y errores de aumento. Además, los errores de rayo focal hacen que las radiografías panorámicas sean una herramienta cuestionable para evaluar las angulaciones de la raíz de los dientes anteriores. Los resultados del estudio de Talaat mostraron que OMSA es un programa software para el análisis de modelos digitales confiable en términos de visualizar paralelismos de raíz y medir la punta de la raíz y el torque tridimensional.⁽⁴⁵⁾

3.1.6.2.3. Morfometría Geométrica

La morfometría geométrica representa un nuevo enlace a la evaluación de la variabilidad y no solo en medicina; este método está basado principalmente en las coordenadas 3D de puntos de referencia homólogos en el objeto de estudio.⁽⁴⁶⁾ Este sistema permite la diferenciación de la variabilidad por medio del tamaño y forma, representa resultados más exactos que los que se obtienen por medio de otros métodos, por lo tanto, existe un incremento de la fiabilidad y exactitud de las medidas geométricas en la práctica clínica.⁽²⁶⁾

Wiranto comparó modelos de escaneo intraoral, modelos de yeso y tomografía computarizada

de haz cónico de pacientes con apiñamiento leve a moderado y sugirieron que las medidas del tamaño del diente y la relación de Bolton de los modelos digitales podrían usarse en pacientes con apiñamiento leve a moderado.⁽³⁸⁾

3.1.7. Software para análisis de modelos digitales

El análisis de modelos ortodónticos está ganando aceptación en ortodoncia, pero su fiabilidad depende de hardware y software usados en la digitalización.⁽⁴⁸⁾ El software para el análisis del modelo digital será más importante y debería ofrecer resultados que sean al menos tan confiables y válidos como los del análisis de modelos de yeso.⁽⁴⁹⁾ Los modelos de diagnóstico son una herramienta importante en el diagnóstico de ortodoncia y la planificación del tratamiento. Además, se utilizan para documentar los estados iniciales de maloclusión su desarrollo y resultados en el tratamiento, en sus tres dimensiones.⁽⁵⁰⁾

La introducción de la informática moderna permite que los sistemas de registro de ortodoncia con fotos digitales integradas e imágenes radiográficas probablemente conducirán a la sustitución de modelos de yeso por modelos digitales virtuales en un futuro próximo.⁽⁵¹⁾ Hay varias compañías como OrthoCad (Cadent Inc. 640 Gotham Parkway, Carlstadt, NJ, EE. UU.), OrthoProof (5620 Venice Ave NE, Suite G, Albuquerque, Nuevo México, EE. UU.) Y O3DM (O3DM Thunoegade 1, 8000 Aarhus C, Dinamarca) que ofrece programas de software para el análisis de modelos digitales de parámetros lineales y angulares. La planificación del tratamiento y los exámenes de seguimiento seguramente se beneficiarían de tener acceso total a los datos del paciente, imágenes de moldes dentales y registros de mediciones lineales y angulares disponibles en formato digital que se muestran en el monitor, siempre que la precisión de la medición sea aceptable. Cabe señalar que la técnica digital ofrece una gran oportunidad para registrar puntos de referencia reproducibles para ser utilizados en la planificación del tratamiento de ortodoncia.⁽⁵¹⁾

En 1999, Align Technology Inc. (San José, California, EE. UU.) Introdujo OrthoCad, que es un servicio de modelos digitales, basado en un proceso de escaneo patentado de modelos de yeso.⁽³⁾ Tres años después, GeoDigm Corp. (Falcon Heights, Minnesota, EE. UU.) Presentó 'e-Models', un servicio de digitalización para modelos de yeso que utiliza escaneo láser no destructivo.⁽³⁾

Westerlund en su estudio comparan cuatro sistemas software en términos de los servicios que cada compañía provee, tiempo hasta la entrega, costo, requerimientos técnicos, características que ofrece cada sistema software, y el uso, se concluyó que: los cuatro requiere impresiones de silicona o alginato, una buena calidad de registros de mordida sean de silicona o cera, y cubetas desechables, si un modelo de yeso es necesario puede ser hecho de impresiones a un costo adicional, no todas las compañías ofrecen integración con un laboratorio, el tiempo hasta la entrega de los modelos digitales y costo son similares, y los costos son similares al costo regular de la obtención de modelos de yeso; los sistemas pueden mostrar vistas de los modelos digitales en diferentes planos, ofrece una vista de los contactos oclusales, permite medir libremente de un punto a otro, de un punto a un plano o de un plano a otro plano; y medir los movimientos de mandibulares y maxilares en diferentes planos.⁽⁸⁾ Sin embargo, no todos los sistemas proveen una evaluación pareja de un índice de clasificación, el análisis del American Board of Orthodontics, una simulación del tratamiento con brackets, o una articulación digital de los modelos.

Abrir un archivo a un paciente, se realiza seleccionando una opción en la barra del menú principal en todos los sistemas, a excepción de OrthoAnalyzer tienen en el menú la opción “file”; OrthoCAD, DigiModel, y 03DM se refieren al paciente como un “file” “archivo” el cual es un término técnico que muestra la base de la estructura de un software, todo esto para acceder al modelo dental y a la información del modelo de un paciente en específico. El número de inconvenientes para esta tarea fue menor para OrthoCAD y mayor para OrthoAnalyzer.

La segunda actividad es ver los modelos de diferentes ángulos, en los cuatro sistemas, fue posible manipular los modelos en distintas maneras. La interconexión de los sistemas provee varias estrategias de manipulación:

- Seleccionar íconos en la barra de herramientas: el usuario selecciona de uno a seis perspectivas predefinidas (vista).
- Manipulación directa del modelo: el usuario puede rotar el modelo.
- La barra de menú principal contiene una opción para seleccionar la vista y orientación del modelo.

- Solución a la medida en forma de controlar una vista diseñada.

La tercera actividad fue medir el overbite y overjet en los cuatro sistemas analizados, es posible ajustar la posición de la sección longitudinal de un modelo de una a tres maneras: manipulación directa del plano de corte en el modelo mediante (OrthoCAD), seleccionando el diente en donde el corte transversal debe ser posicionado mediante (OrthoAnalyzer and 03DM), o manipulando el control de deslizamiento (DigiModel).

Para medir el overjet y overbite el sistema en mejores condiciones fue OrthoAnalyzer,

La cuarta actividad fue el análisis de espacio: para calcularlo dos medidas son requeridas, la longitud de un arco ideal y la longitud actual del arco. Los sistemas no ofrecen análisis de espacio como una función distintiva; todos los sistemas, sin embargo, permiten al usuario hacer un análisis de espacio indirectamente, lo cual se puede realizar por medio de dos funciones disponibles como: la función para medir los dientes y la función para especificar la forma del arco ideal.

El contraste entre la luz azul de fondo y la figura blanca es muy bajo para reconocer que representa. El marco de espesor obscuro alrededor del logo provoca que los elementos del modelo digital vayan de la mano y se superponga el uno sobre el otro. Incrementando el espacio entre los elementos, un contraste fuerte entre el color de los elementos y el fondo, y además removiendo el marco puede incrementar la legibilidad del modelo digital. El modelo digital de DigiModelo es difícil de interpretar, debido a que contiene muchos colores, y la forma es difícil de reconocer, simplificando el símbolo podría hacerlo más legible. El sistema 03DM utiliza un gráfico tridimensional como modelo digital, el cual parece ser relevante desde representar el sistema dental y se interpreta relativamente bien a pesar de su pequeño tamaño. El color de las encías hace el modelo digital fácil de interpretar. El modelo digital de OrthoCAD tiene la mejor legibilidad, un gran contraste entre colores y espacio entre elementos, es relevante para el sistema que representa y es distintivo, su apariencia difiere de los demás logos.

Tabla Nro. 3. Servicio ofertado por fabricante

	OrthoAnalyzer	DigiModel	OrthoCAD	O3DM
Costo	\$36-\$43 USD	\$25 USD	\$30 USD	\$35 USD
Tiempo hasta la entrega	-	24 h	48 h	48 h
Requerimientos	Impresión Modelo de yeso Escáner intraoral	Impresión Modelo de yeso	Impresión Modelo de yeso Escáner intraoral	Impresión Modelo de yeso
Material de impresión	PVS Alginato	PVS Alginato	PVS	PVS Alginato
Registro de Mordida	PVS Cera	PVS Cera	PVS	Cera
Cubetas	Descartables	Descartables	Descartables	Descartables
Fabricación del modelo de Yeso/plástico	Si	Si	Si	si
Tecnología de escaneado	LED-láser	CT escáner	Láser	3D escáner usando un rayo láser
Tamaño del modelo digital	3 MB	4-5 MB	3 MB	3-4 mb
Costo del Software	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis
Tamaño del Software	650 MB	74 MB	8 MB	38.07 – 54.10 MB
Archivo del modelo digital	Siempre Disponible	-	Hasta 14 años	Nunca se borra el archivo
Integración para laboratorio	Si	Si	Si	Si
Compatibilidad con el sistema de información del paciente	Si	Si	Si	Si
PVS, polivinilsiloxano				

Fuente: Westerlund ⁽⁸⁾

Tabla Nro. 4. Características previstas por los fabricantes

	OrthoAnalyzer	DigiModel	OrthoCAD	O3DM
Configuración virtual	Si	Si	Si	Si
Articulación	Si	Si	No	Si
Superposición	Si	Si	No	No
Windows o Macintosh	Windows	Both	Windows	Both

Fuente:Westerlund ⁽⁸⁾

3.1.8. Escáneres

Tabla Nro. 5. Esquema comparativo de escáneres intraorales y extraorales

COMPARACIÓN DE ESCÁNERES	
INTRAORALES	EXTRAORALES
Primera inversión: Elevada	Primera inversión: Ninguna
IMPRESIONES: No requiere impresiones	IMPRESIONES: Requiere impresiones previas.
Tiempo: El modelo esta digitalizado y listo para su uso entre 1 y 15 minutos dependiendo del fabricante y del software usado	Tiempo: Entre 2 y 10 días a partir del envío de la impresión.
Software: Requiere software (en algunos casos requiere de una inversión extra para renovar su licencia cada año, depende del fabricante)	Software: No requiere software, el usuario realiza sus proyecciones en el mismo programa que le otorga la empresa.
Transporte: No necesita transporte el equi esta en su consultorio	Transporte: Las impresiones deben ser enviadas a la empresa, lo que puede ocasionar cambios dimensionales o rupturas en el camino, esto puede afectar la exactitud en su digitalización.
Costo por digitalización: Ninguno	Costo por digitalización: Entre 35 y 55 dólares por modelo

Elaborador por: Daniela Abdo

3.1.8.1. Escáneres Extraorales

Un escáner extraoral tiene como objetivo la reproducción digital de un modelo ya tomado en paciente el cual a su vez reproduce a detalle el medio intrabucal del individuo con todas las ventajas que esto conlleva, los escáneres de sobremesa se comercializan en laboratorios dentales comerciales y en consultorios o unidades hospitalarias con grandes archivos de modelos de yeso que deben conservarse. ⁽¹⁷⁾

3.1.8.2. Serie 3Shape R

3Shape ha producido una serie de modelos y escáneres de impresión para el mercado dental y de ortodoncia. Su escáner de la serie R500TM utiliza tecnología de escaneo láser y dos cámaras de 1.3 megapíxeles para capturar modelos de yeso e impresiones para crear modelos de estudio digitales indirectos. La serie R700TM está diseñada para laboratorios más grandes que el

R500TM de "nivel de entrada", que es adecuado para una unidad de práctica / hospital con un

archivo más modesto. Ambos utilizan una tecnología similar con el fabricante que cita tiempos de escaneo más cortos para modelos e impresiones con el escáner R700TM. El escáner de la serie R900TM es capaz de escanear en color, con una reducción adicional en el tiempo de escaneo y, además, una mayor precisión a través de la tecnología de luz LED azul y cámaras de 45.0 megapíxeles.⁽¹⁷⁾

El formato de archivo abierto del lenguaje de teselación estándar (STL) creado por los escáneres de la serie R se puede importar al software de ortodoncia Ortho AnalyzerTM de 3Shape para que lo analicen los médicos y técnicos, o el programa de diseño de diseño asistido por computadora.⁽⁵²⁾

3.1.8.3. Appliance DesignerTM. AGE solutions maestro escáner dental

3DAGE Solutions (<http://www.age-solutions.com>) ha creado un paquete de software de ortodoncia Ortho Studio para permitir escaneos de inspección, edición y análisis tomados por su Maestro 3D Dental Scanner - MDS400. El software se puede instalar tanto en PC como en iPad. El MDS400 utiliza luz LED estructurada para escanear modelos e impresiones con una precisión de menos de 10 mm. Los archivos se vuelven a producir en formato STL.⁽³⁷⁾

3.1.8.4. Sistemas de escaneo y diseño de Dental Wings

Dental Wings (<http://www.dental-wings.com>) ofrece una gama de escáneres para satisfacer las necesidades individuales de la clínica o el laboratorio. Sus escáneres 7Series e iSeries pueden escanear tanto modelos de yeso como impresiones dentales, mientras que 3Series se limita a escanear solo modelos de yeso. Los láseres de clase 2 escanean los modelos y son capturados por cámaras de medición con una precisión de 15 micras y los archivos se pueden exportar en el formato de archivo abierto STL. Los fabricantes han introducido un módulo como un "complemento" para su software DWOSTM que permite el diseño de modelos de estudio de ortodoncia para el archivo o la fabricación de modelos digitales.⁽³⁷⁾

3.1.8.5. Sistema de escaneo de escritorio Ortho Insight 3D

Motion View lanzó el sistema de escaneo de escritorio 3D Ortho Insight en 2012. El escáner utiliza una mesa robótica y brazos de escaneo para proporcionar tres ejes de movimiento y 6

micras de libertad. El escáner tiene un volumen máximo de escaneo de 46462 pulgadas⁽⁵³⁾ y tiene una precisión de 40–200 micras, dependiendo de la resolución seleccionada. Los escaneos se guardan en un formato de archivo abierto flexible (STL, PLY u OBJ). El paquete incluye el software Ortho Insight 3D y hay una opción para comprar módulos de software opcionales adicionales para la unión indirecta y la cefalometría de Ortho Insight. Motion View también ofrece un escáner 3D Facial Insight, que puede integrarse con modelos de estudio, radiografías y fotos.

3.1.9. Escáneres intraorales

Este equipo sirve esencialmente para obtener una imagen dental exacta de los tejidos en boca del paciente y transmitirlos al ordenador inmediatamente obteniendo así toda la información y ayuda necesaria para realizar un pronto diagnóstico que beneficia en tiempo-costo tanto al paciente como al profesional. Un scanner intraoral está compuesto por tres partes principales, éstas son: el software, la computadora y la cámara con la que se llevará a cabo el procedimiento. Este funciona a través de un haz de luz que choca con los tejidos en boca y en su retorno captura la forma del objeto y lo transmite y plasma en el ordenador brindando así la imagen real del estado completo de la boca del paciente.⁽⁹⁾

Hay muchos escáneres intraorales disponibles comercialmente; sin embargo, un número mucho menor está específicamente diseñado y comercializado teniendo en cuenta al ortodoncista.⁽³⁷⁾

3.1.9.1. Escáner intraoral TRIOSH comercializado por 3Shape

TriosH es un nombre comercial registrado para un escáner intraoral para la toma de impresiones digitales. Inicialmente fue lanzado por 3Shape en diciembre de 2010. El escáner utiliza la tecnología Ultrafast Optical Sectioning y no los principios de microscopía focal como se pensaba anteriormente⁽⁵⁴⁾. Los datos de superficie se crean uniendo las muchas porciones de datos recibidos del escáner. La unidad de escáner intraoral está disponible en dos formatos. TRIOS Cart es una unidad móvil independiente con software integrado de pantalla táctil y un escáner intraoral conectado. Alternativamente, el TRIOS Pod es un escáner intraoral disponible para la conexión a un iPad, computadora portátil o monitor integrado en una unidad dental. Las puntas del escáner intraoral son autoclavables y se pueden girar 180 grados en el escáner portátil

para facilitar su uso.

El formato de archivo STL abierto es compatible con cualquier programa que admita dicho formato, y el escáner tiene conectividad inalámbrica y Bluetooth integrada (<http://www.bluetooth.com>). También tiene la capacidad de reconstruir automáticamente áreas donde faltan datos de escaneo mientras se mantiene la precisión. El escáner TRIOSH se puede usar con el programa de software OrthoAnalyzer™. Este software está diseñado para facilitar el diagnóstico y la planificación del tratamiento con herramientas que ayudan al médico a medir el overjet, sobremordida, apiñamiento, longitud del arco y la forma. Además, Appliance Designer™ proporciona tecnología CAD / CAM para la construcción de aparatos de ortodoncia. Este software se puede utilizar con los sistemas de dispositivos Incognito™ para la fabricación de dispositivos linguales personalizados. 3Shape ha desarrollado una aplicación para el escáner TRIOS que brinda a los médicos información sobre aspectos de la tecnología del escáner con información sobre configuración, instalación y funciones mejoradas.⁽³⁷⁾

El escáner intraoral Lythos™ comercializado por Ormco Corporation introdujo el escáner intraoral Lythos™ en el campo de ortodoncia en mayo de 2013. Este es un sistema que tiene la capacidad de escanear la dentición en minutos. La tecnología utilizada en este dispositivo es Accordion Fringe Interferometry. Esto utiliza dos rayos de luz láser para iluminar el objeto, en este caso, la dentición creando "patrones marginales."⁽⁵⁵⁾ Los "patrones marginales" están distorsionados por la curvatura del objeto y son recibidos por la cámara alojada en la punta del escáner para capturar los datos en tiempo real. La fuente y la cámara que reciben la luz se compensan entre sí en una geometría conocida. Los algoritmos permiten recopilar los datos de superficie, compuestos por una malla de puntos de control. El escáner intraoral está disponible como unidad portátil con software integrado de pantalla táctil y un escáner intraoral portátil. Las puntas del escáner son desechables con varios autoclavables. La varita pesa poco más de 300 gramos con un peso unitario total de menos de 11,3 kg. El monitor de pantalla táctil ajustable se puede subir o bajar según las preferencias del médico. Las imágenes digitales se construyen en el formato de archivo STL y se almacenan y recuperan fácilmente a través del almacenamiento en la nube hasta por 10 años. Los datos digitales están diseñados para usarse con el software Ormco Insignia™ Advanced Smile Design™ para la planificación del tratamiento y el diseño de aparatos personalizados. Tiene la facilidad de calcular posiciones

individuales de brackets de dientes y arcos personalizados. Los datos digitales también se pueden utilizar para el tratamiento de alineadores claros utilizando el sistema de alineadores Express Clearguide™, o se pueden enviar a los laboratorios AOA de Ormco para la impresión de estereolitografías y la construcción de electrodomésticos.⁽³⁷⁾

3.1.9.2. Escáner True Definition comercializado por 3M ESPE

El escáner intraoral True Definition 3MTM se lanzó al mercado dental en 2012. El escáner intraoral más ligero emplea tecnología de video 3D con ayuda de luz LED azul. La tecnología emplea la interpolación trilocular de imágenes.⁽³⁷⁾ Tres cámaras de alta definición están ubicadas en el campo de visión del escáner para grabar el objeto en tiempo real. La luz se refleja desde la fuente a través del objeto y es recibida por el sensor como una señal eléctrica. Los algoritmos permiten que los puntos correspondientes de la señal coincidan; por lo tanto, se logra la síntesis de imagen. El escáner intraoral está conectado a un monitor de pantalla táctil en una unidad móvil que se puede transferir entre sillones dentales. El sistema requiere una capa ligera de medio de contraste (polvo de plata) y el dispositivo de contraste portátil también está conectado a la unidad para facilitar su uso. No se necesita calibración con el escáner y todas las unidades están habilitadas para Wi-Fi. Los datos se recopilan en un formato STL abierto y el almacenamiento se logra a través del almacenamiento en la nube en el 3MTM Connection Center. El costo del escáner 3MTM True Definition es significativamente menor que muchos de los competidores; sin embargo, se deben considerar los planes de servicio y datos. La compañía sugiere que el escaneo de la oclusión se puede completar en aproximadamente 5 minutos con la experiencia del operador. Los archivos de datos están diseñados para usarse con Unitek™ Software de modelo digital del portal de gestión de tratamiento para herramientas de planificación del tratamiento, como el cálculo de la relación de análisis de Bolton y el análisis de espacio. Además, la integración con el sistema Incognito™ e InvisalignH permite construir dispositivos linguales personalizados, bandejas de unión y alineadores. Las unidades tienen Wi-Fi habilitado.⁽³⁷⁾

3.1.9.3. Escáner intraoral iTeroH comercializado por Align Technology Inc.

El escáner digital iTeroH fue introducido en la industria dental en 2007 por Cadent LTD. En 2013, el escáner fue rediseñado y lanzado al mercado por Align Technology Inc. El escáner

iTeroH utiliza una tecnología de imagen confocal con la ayuda de rayos láser de luz roja, similar a la descrita anteriormente⁽⁵⁶⁾ La rueda de color alojada dentro del escáner intraoral tiene la capacidad de proporcionar color a la imagen adquirida. La unidad iTeroH viene como un escáner integrado móvil, encimera y teclado. Se requieren puntas desechables para el uso de escaneo y se proporcionan pedales para escanear sin contacto. Los formatos de datos abiertos STL son compatibles con otros sistemas de software de restauración u ortodoncia e iTeroH utiliza una base de datos en la nube para el almacenamiento de los datos. El escáner iTeroH ha sido diseñado para usarse con el software OrthoCadH e InvisalignH ClincheckH. Esto permite a los médicos verificar y ajustar el plan de tratamiento prescrito para una maloclusión al usar la tecnología InvisalignH. Además, el programa de software InvisalignH Result Simulator ha sido diseñado por la compañía para facilitar que los médicos simulen los resultados del tratamiento con los alineadores InvisalignH en la maloclusión, para la educación del paciente. Este escáner también se puede usar con el sistema Incognito™ Appliance.⁽³⁷⁾

3.1.9.4. CS 3600 Scanner Intraoral Color

El CS 3600 Scanner Intraoral Color fue presentado en los EE. UU. En marzo de 2014. Su peso es de 298 gramos, ideal para utilizar alrededor de la boca especialmente cuando se necesita arcadas completas como en Ortodoncia. La tecnología utiliza una técnica de láser azul y captura la imagen digital en tiempo real, al tiempo que tiene la capacidad de pausar y recuperar datos en un momento posterior. El escáner en sí es uno de los pocos escáneres que se pueden ofrecer como un solo escáner que se puede conectar a una computadora portátil o monitor a través de una conexión USB. Las puntas para la unidad de escáner están disponibles en diferentes tamaños, lo que puede ser beneficioso para los dientes posteriores. Estos también pueden ser esterilizados en autoclave. No se necesita calibración con este dispositivo. El formato STL es abierto. El software disponible para usar con el escáner muy fácil de manejar. Hay dos versiones de este software disponibles, que son Básica y Avanzada. La versión básica ofrece a los odontólogos la oportunidad de ver y realizar mediciones para la planificación del tratamiento. La versión avanzada permite configuraciones virtuales, segmentación dental, simulación del resultado del tratamiento y se puede usar en conjunto con unidades de rayos X 3D. Además de es portátil y fácil de desplazar, su conectividad es compatible con cualquier computadora solo se requiere la versión de 64 bits de Windows 7 Professional.⁽¹⁷⁾

3.1.9.5 Esquema comparativo de marcas comerciales de escáner en el mercado.

Tabla Nro. 6. Comparativo de escáner en el mercado actual.

Marca	Velocidad de escaneo:	Peso	Precio	Función	Forma de descargar el archivo	Licencia
Escáner True Definition comercializado por 3M ESPE	El escaneo de la oclusión se puede completar en aproximadamente 8 minutos y 120 segundos con más experiencia del operador.	500gr	22,360 USD	Imágenes 2 y 3D Alto grado de precisión, identifica todas las superficies oclusales con alta definición. Opción de contraponer imágenes. Para su escaneo necesita contraste de luz.	STL abierto	Requiere de licencia anual
Escáner intraoral TRIOSH	El escaneo de la oclusión se puede completar en aproximadamente 11 minutos y 4 minutos con más experiencia del operador.	373 gr SCANNER 11,3 kg equipo con brazo y pantalla táctil	23,900 USD	Imágenes con color 3D, más pequeño y rápido Mayor duración de batería. Alerta de cambio de punta. Imágenes directas a color no necesita contraste de luz para escanear.	STL abierto	Requiere de licencia anual
Escáner intraoral iTeroH comercializado por Align Technology Inc	El escaneo de la oclusión se puede completar en aproximadamente 11 minutos y 8 minutos con más experiencia del operador.	589 GR SCANNER 15,36 kg equipo con brazo y pantalla táctil	18,322 USD	Batería integrada para obtener un escaneo ininterrumpido Autocalibración Escaneado a color Tiene mayor tamaño y peso, no necesita contraste de luz para escanear.	STL abierto	Requiere de licencia anual
CS 3600 Scanner Intraoral Color	El escaneo de la oclusión se puede completar en aproximadamente 12 minutos y 5 minutos con más experiencia del operador.	295 gramos equipo portatil	15,900 USD	Imágenes 2 y 3D Colores reales, ofrece un escaneo de ángulo alto de hasta 45 grados, ligero y versátil en boca del paciente. No necesita contraste de luz para escanear.	STL abierto	No requiere de licencia anual

Elaborado por: Daniela Abdo

3.2. DISCUSIÓN

A partir de la revisión de la bibliografía reportada en el presente estudio los modelos digitales indudablemente presentan muchas ventajas frente a los modelos convencionales como por ejemplo la facilidad y efectividad de almacenamiento⁽³⁴⁾, acceso⁽⁵²⁾, durabilidad⁽⁴⁹⁾, transferibilidad⁽⁵⁷⁾ y versatilidad⁽²⁸⁾ para un diagnóstico minucioso en el paciente, además brinda la oportunidad de poder compartir tanto con pacientes y colegas imágenes virtuales que pueden ser impresas o enviadas vía e-mail, incluso los profesionales pueden usar este sistema para fines de marketing en sus consultorios o clínicas dando a conocer el manejo, técnica utilizada y la evolución de sus pacientes, por otro lado se puede mostrar la tecnología e innovación con la que la clínica cuenta, todo esto sin ninguna inversión extra requerida⁽¹¹⁾. Por otro lado, la única desventaja que presenta involucra una primera inversión en esta tecnología. Los modelos convencionales de yeso presentan serias desventajas y limitaciones frente a los modelos tridimensionales como el riesgo de fracturas, fragmentación, abrasión y la necesidad de contar con un espacio adecuado para el almacenamiento y elaboración de los mismos⁽¹¹⁾; además de la implementación de elementos adicionales y materiales que suponen costos adicionales de manera recurrente.⁽¹⁶⁾ Otra de las principales desventajas tiene que ver con los posibles fallos que se relacionan al fracaso del modelo por la falta de habilidad del operador, medición de proporciones, calidad del material, cambio dimensional del alginato, fraguado del yeso, temperatura, entre otras.⁽²⁰⁾

El 70.5 % de los autores que mencionan los usos de la digitalización en la práctica ortodóntica concuerdan en que el desarrollo de esta técnica permite que los ortodoncistas puedan realizar un análisis de los modelos para establecer un diagnóstico y plan de tratamiento, entre ellos está Saleh⁽³³⁾, demostró en su estudio que no existen diferencias significativas entre medidas tomadas en modelos tridimensionales y medidas tomadas directamente en modelos de yeso, estas variaban entre 0,10 y 0,19 μm lo que significa que los modelos 3D son una excelente representación de la oclusión del paciente⁽³⁸⁾, con lo que concuerda Mattehew Mayer⁽⁴⁷⁾ al realizar su estudio sobre las diferencias con respecto a las decisiones para un plan de tratamiento en pacientes con maloclusión clase II, donde concluye que los modelos digitales son una alternativa muy fiable por su exactitud, donde menciona la importancia de que los profesionales de la salud se mantengan a la vanguardia de la tecnología actual para beneficio de pacientes y

profesionales.

El 35,29% de las publicaciones revisadas determinan que la digitalización de modelos en ortodoncia permite realizar análisis con medidas angulares y lineales; además, se toma en consideración otros usos como: la superposición de modelos digitales para controlar el progreso y los resultados del tratamiento ortodóntico⁽¹⁴⁾, sirve como un apoyo para llevar un registro digital de las historias clínicas en el consultorio⁽⁵⁴⁾, permite la simulación de una cirugía ortognática y concretar los resultados quirúrgicos en pacientes con anomalías de fisura, labio y paladar hendido⁽¹³⁾; sirve como un prototipo rápido del arco dental para usarlo en terapias con férulas o alineadores entre otros aparatos; permite simular la ubicación de las raíces analizando también las seis llaves de la oclusión de Andrews⁽¹⁾; además facilita la fabricación indirecta de cubetas, la simulación virtual de los resultados del tratamiento de ortodoncia y determina los efectos mecánicos de los aparatos del tratamiento ortodóntico; muestra las medidas de la superficie de los modelos que pueden ser reproducibles en gran escala, por lo tanto pueden ser impresos modelos tridimensionales mediante una impresora de estereolitografía 3D⁽⁵⁴⁾; otra bondad que presenta tiene que ver con la evaluación minuciosa de la maloclusión mediante una visualización tridimensional de la oclusión, además de tener registros de los pacientes de forma instantánea; visualizar y cuantificar el movimiento dental durante el tratamiento ortodóntico, para la creación de aparatos ortodónticos palatinos o linguales, con una evaluación tridimensional de los arcos dentales maxilares y mandibulares, y su relación oclusal para el análisis de aspectos importantes como simetría, discrepancia de los arcos, análisis morfometrías dentales, y de las curvas de Spee y Wilson.⁽³⁾

4. CONCLUSIONES

A través de este estudio se concluye que el uso de la digitalización de modelos en la práctica ortodóntica tiene gran relevancia porque brinda la posibilidad de realizar un diagnóstico breve y detallado, lo que ahorra mucho tiempo tanto al paciente como al ortodoncista, hacer proyecciones a corto y largo plazo en el tratamiento ortodóntico, analizar la evolución del tratamiento, compararlo y compartirlo con el paciente y colegas sin mucho esfuerzo, además permite tener la información del paciente en un solo archivo indestructible, entre otras ventajas como la disminución del espacio de almacenamiento de los modelos de yeso y costos extras en materiales de impresión.

Los modelos digitales en comparación con los modelos convencionales de yeso no tienen variabilidad significativa en cuanto a medidas, cuya variación va desde 0,10 a 0,19 μm de precisión siendo clínicamente aceptable⁽³³⁾, además los modelos digitales indican un mayor número de ventajas, en cuanto a tiempo, facilidad para el ortodoncista al momento de realizar el diagnóstico, fiabilidad de la información que se conserva en un archivo de todo lo recabado sobre el paciente con fotos y proyecciones de los avances del tratamiento; en cambio los modelos de yeso que son realizados manualmente por el ortodoncista tienen un diagnóstico y tratamiento de mayor tiempo además del problema del almacenamiento respecto a los modelos digitales que presentan como única desventaja el costo-valor de una inversión inicial.

Se determinó que la marca con mayor relevancia y venta en el mercado por factores como rapidez, superposición de modelos, nitidez y proyecciones más usado en el mercado en escáneres que digitalizan modelos de yeso es la marca OrthoAnalyzer, mientras que en softwares intraorales directos el más usada es el Escáner intraoral TRIOSH según la literatura, porque es inalámbrico y su software realiza análisis y proyecciones mucho mejores en ortodoncia, tiene una precisión de 40–200 micras, dependiendo de la resolución seleccionada, estas dos marcas comparten una sola desventaja que refiere al costo en comparación con las otras marcas.

Los modelos digitales para ortodoncia presentan varios tipos de análisis ortodónticos según las publicaciones, entre los que se destacan el análisis de Bolton, Moyers, angulación de la raíz, inclinación de los dientes anteriores; los mismos se constituyen en elementos fundamentales para un diagnóstico efectivo y de gran precisión para realizar las proyecciones en un tratamiento.

5. PROPUESTA

En relación a la connotación y relevancia y ventajas que nos ofrece la digitalización de modelos no solo en la práctica ortodóntica, si no en todas las especialidades a fines con la salud es recomendable analizar la posibilidad de implementar esta tecnología como una materia en la formación académica de los estudiantes, ya que la tecnología no detiene su innovación día a día y los profesionales en formación deben conocer todas sus ventajas y manejarlas para un mejor desenvolvimiento en su vida profesional.

Los valores de precisión de un modelo digital a comparación de un modelo estándar son clínicamente aceptables, por lo que se recomienda después de hacer una ardua investigación basándonos en artículos científicos de gran impacto, la implementación de esta tecnología en la clínica dental de todas las especialidades ya que las ventajas en tiempo, proyección y diagnóstico son mucho menores y más exactos a comparación de un modelo de yeso común.

Midiendo ventajas y comparando las marcas existentes en el mercado se puede recomendar la marca TRIOSH con su última versión, ya que en costo beneficio supera expectativas, este escáner no solo es un escáner intraoral si no también tiene la ventaja de escanear un modelo de yeso ya impreso, y su programa software es indestructible a comparación de otros que el tiempo del archivo es de máximo diez años en el mejor de los casos antes de autodestruirse.

Se recomienda exigir en cualquier software que sea comprado que tenga los tipos de análisis básicos en ortodoncia necesarios para hacer un buen diagnóstico y proyecciones del tratamiento estos son el análisis de Bolton, Moyers, angulación de la raíz, inclinación de los dientes anteriores. Después de esto comparar las ventajas que brinda el equipo en otras áreas según la necesidad del especialista.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003;124(1):101–5.
2. Felter M, Lenza MM de O, Lenza MG, Shibazaki WMM, Silva RF. Comparative study of the usability of two software programs for visualization and analysis of digital orthodontic models. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(3):213–20.
3. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: An introduction. *Semin Orthod.* 2004 Sep;10(3):226–38.
4. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod.* 2007 Oct;29(5):517–22.
5. Salinas V. Pamela J.*, Pinos L. Adrian G.** BCME***. Diagnóstico de modelos de yeso vs digitales: exactitud y fiabilidad en la comparación del Análisis de Bolton y sus mediciones correspondientes. *Rev Latinoam Ortod y Odontopediatria.* 2017;(January).
6. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: Digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007 Jan;131(1):51–6.
7. Radeke J, von der Wense C, Lapatki BG. Comparison of orthodontic measurements on dental plaster casts and 3D scans. *J Orofac Orthop.* 2013 Feb;75(1):264–74.
8. Westerlund A, Tancredi W, Ransjö M, Bresin A, Psonis S, Torgersson O. Digital casts in orthodontics: A comparison of 4 software systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015;147(4):509–16.
9. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer JR. A Comparison of 3 Computerized Bolton Tooth-Size Analyses with a Commonly Used Method. *Angle Orthod.* 2001;71(5):351–7.

10. Wesemann C, Muallah J, Mah J, Bumann A. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. *Quintessence Int (Berl)*. 2017;48(1):41–50.
11. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2016 Feb;149(2):161–70.
12. Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod*. 2005;75(3):300–4.
13. White AJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;137(4):456–7.
14. Kumar AA, Phillip A, Kumar S, Rawat A, Priya S, Kumaran V. Digital model as an alternative to plaster model in assessment of space analysis. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015;7(6):S465–9.
15. Abizadeh N, Moles DR, O’Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: How accurate and reproducible are they? *J Orthod*. 2012;39(3):151–9.
16. Grünheid T, Patel N, De Felipe NL, Wey A, Gaillard PR, Larson BE. Accuracy, reproducibility, and time efficiency of dental measurements using different technologies. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;145(2):157–64.
17. Martin CB, Chalmers E V., McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: What’s available? *J Orthod*. 2015;42(2):136–43.
18. Camardella LT, Vilella O V., van Hezel MM, Breuning KH. Accuracy of stereolithographically printed digital models compared to plaster models. *J Orofac Orthop*. 2017;78(5):394–402.

19. Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;144(6):916–22.
20. Luu NS, Mandich MA, Flores-Mir C, El-Bialy T, Heo G, Carey JP, et al. The validity, reliability, and time requirement of study model analysis using cone-beam computed tomography-generated virtual study models. *Orthod Craniofac Res.* 2014;17(1):14–26.
21. Kašparová M, Procházka A, Grajciarová L, Yadollahi M, Vyšata O, Dostálová T. Evaluation of dental morphometrics during the orthodontic treatment. *Biomed Eng Online.* 2014;13(1):1–13.
22. Zilberman O, Huggare JÅ V, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod.* 2003;73(3):301–6.
23. Dalstra M, Meisen B. From alginate impressions to digital virtual models: Accuracy and reproducibility. *J Orthod.* 2009;36(1):36–41.
24. Dirksen D, Diederichs S, Runte C, von Bally G, Bollmann F. Three-dimensional acquisition and visualization of dental arch features from optically digitized models. *J Orofac Orthop.* 1999;60(2):152–9.
25. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(5):624–9.
26. Quimby ML, Vig KWL, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod.* 2004;74(3):298–303.
27. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: A systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(1):1–16.
28. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity,

- reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(6):794–803.
29. Lighthouse KG, English JD, Kau CH, Akyalcin S, Bussa HI, McGrory KR, et al. Surface analysis of study models generated from OrthoCAD and cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012;141(6):686–93.
 30. Kim J, Heo G, Lagravère MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014;84(3):443–50.
 31. Luu NS, Nikolcheva LG, Retrouvey JM, Flores-Mir C, El-Bialy T, Carey JP, et al. Linear measurements using virtual study models: A systematic review. *Angle Orthod.* 2012;82(6):1098–106.
 32. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136(1):16.e1-16.e4.
 33. Saleh WK, Ariffin E, Sherriff M, Bister D. Accuracy and reproducibility of linear measurements of resin, plaster, digital and printed study-models. *J Orthod.* 2015 Oct;42(4):301–6.
 34. Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, et al. Effective dose of dental CBCT - A meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015;44(1):1–25.
 35. Gamba TO, Oliveira ML, Flores IL, Cruz AD, Almeida SM, Haiter-Neto F, et al. Influence of cone-beam computed tomography image artifacts on the determination of dental arch measurements. *Angle Orthod.* 2014;84(2):274–8.
 36. Ferreira JB, Christovam IO, Alencar DS, DaMotta AFJ, Mattos CT, Cury-Saramago A. Accuracy and reproducibility of dental measurements on tomographic digital models: A systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2017;46(7):1–16.

37. Sanches JO, Santos-Pinto LAM dos, Santos-Pinto A dos, Grehs B, Jeremias F. Comparison of space analysis performed on plaster vs. digital dental casts applying Tanaka and Johnston's equation. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(1):128–33.
38. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, Van Der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;143(1):140–7.
39. Shellhart C, Lange W, Kluemper T, Hicks P, Kaplan A. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions.pdf. *Angle Orthod.* 1999;65(5):327–34.
40. Brandão MM, Sobral MC, Vogel CJ. Reliability of Bolton analysis evaluation in tridimensional virtual models. *Dental Press J Orthod.* 2015;20(5):72–7.
41. Kim J, Lagravère MO. Accuracy of bolton analysis measured in laser scanned digital models compared with plaster models (Gold standard) and cone-beam computer tomography images. *Korean J Orthod.* 2016;46(1):13–9.
42. Hoyos J. Análisis de Moyers [Internet]. Calameo. 2014. Available from: <https://es.calameo.com/read/0001413101a431ed15860>
43. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972;62(3):296–309.
44. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod.* 1971;60(2):111–27.
45. Talaat S, Kaboudan A, Breuning H, Ragy N, Elshebiny T, Kula K, et al. Reliability of linear and angular dental measurements with the OrthoMechanics Sequential Analyzer. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015;147(2):264–9.
46. Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution.' *Ital J Zool.* 2004;71(1):5–16.
47. Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KWL. Comparison of peer assessment rating

- (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(4):431–4.
48. Koretsi V, Tingelhoff L, Proff P, Kirschneck C. Intra-observer reliability and agreement of manual and digital orthodontic model analysis. *Eur J Orthod.* 2017;40(1):52–7.
 49. Reuschl RP, Heuer W, Stiesch M, Wenzel D, Dittmer MP. Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *Eur J Orthod.* 2016;38(1):22–6.
 50. Joffe L. Current products and practices orthoCAD™: Digital models for a digital era. *J Orthod.* 2004;31(4):344–7.
 51. Sjögren APG, Lindgren JE, Huggare JÅ V. Orthodontic study cast analysis - Reproducibility of recordings and agreement between conventional and 3D virtual measurements. *J Digit Imaging.* 2010;23(4):482–92.
 52. Tavares A, Braga E, de Araújo TM. Digital models: How can dental arch form be verified Chairside? *Dental Press J Orthod.* 2017;22(6):68–73.
 53. Bailey E, Nelson G, Miller AJ, Andrews L, Johnson E. Predicting tooth-size discrepancy: A new formula utilizing revised landmarks and 3-dimensional laser scanning technology. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;143(4):574–85.
 54. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng.* 2014;54:203–21.
 55. Bloss R, Bloss R. Accordion fringe interferometry: A revolutionary new digital shape-scanning technology. *Sens Rev.* 2008;28(1):22–6.
 56. Babayoff N, Glaser-Inbari I. Imaging a three-dimensional structure by confocal focussing an array of light beams. *US States Patent, Int Patent.* 2004;1(12).
 57. Ramirez LM, Ballesteros LE. Oclusión Dental: ¿Doctrina Mecanicista o Lógica

Morfofisiológica? Int J Odontostomatol. 2012;6(2):205–20.

7. ANEXOS

Tabla de metanales 1

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº	Autor	Título	Usos de la digitalización de modelos	Práctica ortodóntica	Caracterizar las aplicaciones	Software	Tipos de análisis ortodónticos	Ventajas de los modelos digitales	Desventajas de los modelos digitales
		Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing	digitalización del estado inicial del paciente, para análisis de modelos simplificados, personalización de arcos y guardado de memoria mediante la tecnología (SureSmile), realizar un rápido prototipo del arco dental mediante terapias con férulas mediante la tecnología (Invisalign)	en la práctica ortodóntica los escaners intraorales son una alternativa muy útil cuando se requiere un scan de todo el arco dental.	Caracterizar las aplicaciones modelo. OrthoAnalyzer: permite guardar archivos de escaneado en formato de estereolitografía sin requerir de otros procesos. Scanit: escanear impresiones dentales directas de polivinilsiloxano. Planmeca: permite escanear impresiones y modelos de yeso y convertirlos directamente en archivos de formato estereolitografía. Convince: permite realizar análisis de modelos digitales en formato SLT mediante medidas	Calypso 5.4.20 software (Zeiss), OrthoAnalyzer (3shape; Version 2013.1), Scanit Orthodontics software, version 2013.1, Planmeca Romexis 3D Ortho Studio Advanced software, version 3.6.0 R, measuring software Convince Premium 2012 (3shape)	ancho intercanino, ancho intermolar, longitud del arco dental	realizar superposición de modelos para evaluar la precisión del escaneado, o para evaluar el proceso de evolución de un tratamiento.	Desventajas de los modelos digitales odontológico para impresiones digitales fue el 27% mayor que al tomar impresiones convencionales el modelo digital debe ser impreso mediante una impresora 3-D, inversión en tecnología de escaneado digital, estudios centrados en los scans de arcos completos han encontrado una gran desviación en las terminaciones distales como resultado de la acumulación de errores combinados en el sector de dientes anteriores debido a la complejidad
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Sousa, Marínés Vieira S, Vasconcelos, Eliziane Cossetin Janson, Guilherme Garib, Daniela Pinzan, Arnaldo	Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements			STL para cada modelo dental escaneado, la última versión de 3 shape Scanner tiene un rayo de luz emitida desde arriba hacia abajo eliminando las discrepancias que las primera generación de scanners 3-D poseen, las mediciones lineares del ancho y larho del arco en modelos digitales con 3Shape son altamente exactas y reproducibles. .Geomagic: permite mover las imágenes en 3 ejes de rotación y magnificar las imágenes, puntos anatómicos	3Shape Sewer Scan software, Geomagic Studio 5 software (Raindrop)	de canino a canino, 2. distancia de la punta de la cuspid vestibular de segundo premolar a segundo premolar; 3. distancia de la punta de la cuspid mesiobucal de primer molar a primer molar, 4. distancia de la punta de la cuspid del canino derecho a la punta de la cuspid mesiovestibular del primer molar derecho, 5. distancia de la punta de la cuspid del canino izquierdo a la punta de la cuspid mesiovestibular del primer molar izquierdo, 6.	necesario, permite compartir información vía internet con otros profesionales, permite evaluar la relación intra arco e interarco digitalmente, pueden ser usados para realizar investigaciones, las relaciones transversales entre maxilar y mandibula pueden ser evaluadas de mejor manera cuando la oclusión en 3-D puede ser visualizada desde diferentes perspectivas, permite realizar un "tratamiento virtual" y hacer una	difícil escoger el punto de contacto exacto entre dos dientes, dificultad para medir dientes en una dentición apiñada, depende de el entrenamiento, cuando se estima el área de contacto el operador tiende a subestimar medidas, la precisión depende de habilidad y preferencia del ortodoncista, cuando se estiman ancho intermolar las medidas digitales tienden a ser menores que las manuales, al medir la profundidad palatina las medidas digitales tienden
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Ferreira, Jamille B, Christoum, Ilva D	Accuracy and reproducibility of dental measurements on	permite realizar configuraciones virtuales para simular los resultados de el tratamiento de ortodoncia, aplicar medidas cualitativas en pruebas ortodónticas como (indicaciones)		en la práctica ortodóntica los modelos digitales pueden ser obtenidos mediante un laser escaner escaneado holográfico		apiñamiento, discrepancia del arco, análisis de Bolton, ancho intermolar, ancho mesio-distal de los dientes en subgrupos, Maxillary and mandibular arch: tamaño dental de primer molar a primer molar, suma de todos los dientes anteriores, espacio requerido, espacio disponible, discrepancia de la longitud del arco, ancho intercanino	facilita la comunicación entre profesionales y con el paciente, elimina la necesidad de un	costo en tecnología, tiene limitaciones relacionadas a la seguridad y privacidad, riesgo electrónico de pérdida de archivos información, cuando el modelos digital es obtenido por CBCT scan pueden estar asociados a errores producto de la sinéresis del alginato durante el proceso de transferencia

Tabla del método 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	N	TITULO ARTICULO	N° CITACIONES	Año de Public.	Vida útil del Artículo en años	ACC	Revista	Factor de impacto SIR	Cuartil	LUGAR DE BUSQUEDA	Area
1	1	Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing.	36	2017	2	18	Quintessence International	0,68	Q1	PubMed	Tecnología en Ortodoncia
2	2	An in-vitro study comparing the accuracy of full-arch casts digitized with desktop scanners	1	2017	2	0,50	Quintessence International	0,68	Q1	PubMed	Tecnología en Ortodoncia
3	3	Comparison of Arch Width Changes Following Orthodontic Treatment with and without Extraction Using Three-dimensional Models	2	2017	2	1,00	Nigerian Journal of Clinical Practice	0,26	Q3	PubMed	Técnicas de diagnóstico e
4	4	Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements	162	2012	7	23,1423	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics	1,15	Q1	PubMed	Técnicas de diagnóstico e
5	5	Intra-observer reliability and agreement of manual and digital orthodontic model analysis	5	2017	2	2,5	European Journal of Orthodontics	1,06	Q1	PubMed	Ortodoncia Digital vs Conv
6	6	Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review	61	2016	3	20,3333	European Journal of Orthodontics	1,06	Q1	PubMed	Ortodoncia Digital vs Conv
7	7	Are there differences between comparison methods used to evaluate the accuracy and reliability of digital models?	3	2017	2	1,5	Dental Press Journal of Orthodontics	0,39	Q2	PubMed	Técnicas de diagnóstico e
8	8	Accuracy of stereolithographically printed digital models compared to plaster models	9	2017	2	4,5	Journal of Orofacial Orthopedics	0,62	Q2	PubMed	Ortodoncia Digital vs Conv
9	9	Orthodontic scanners: what's available?	27	2015	4	6,75	Journal of Orthodontics	0,44	Q2	PubMed	Ortodoncia Digital
10	10	Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements	338	2006	13	26	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics	1,15	Q1	PubMed	Ortodoncia Digital vs Conv
11	11	Technique Comparison for Efficient Orthodontic Tooth Measurements Using Digital Models	80	2010	9	8,88889	Angle Orthodontist	1,25	Q1	PubMed	Técnicas de diagnóstico e
12	12	The effect of regular dental cast artifacts on the 3D superimposition of serial digital maxillary dental models	-	2019	-	-	Scientific Reports	1,41	Q1	PubMed	Ortodoncia Digital
13	13	Accuracy of a three-dimensional dentition model digitized from an interocclusal record using a non-contact surface scanner	2	2015	4	0,50	European Journal of Orthodontics	1,06	Q1	PubMed	Ortodoncia Digital
14	14	Accuracy, reproducibility, and time efficiency of dental measurements using different technologies	46	2014	5	9,2	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics	1,15	Q1	PubMed	Tecnología en Ortodoncia
15	15	Model Analysis of Digital Models in Moderate to Severe Crowding: In Vivo Validation and Clinical Application	3	2017	2	1,5	Hindawi BioMed Research International	0,8	Q2	PubMed	Técnicas de diagnóstico e
16	16	Digital casts in orthodontics: A comparison of 4 software systems	26	2015	4	6,5	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics	1,15	Q1	PubMed	Tecnología en Ortodoncia
17	17	Evaluation of dental morphometrics during the orthodontic treatment	9	2014	5	1,8	BioMedical Engineering Online	0,6	Q2	PubMed	Técnicas de diagnóstico e