



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DEL NIÑO Y ORTOPEDIA DENTOMAXILAR  
ÁREA DE ORTODONCIA**

**COMPARACIÓN ANTROPOMÉTRICA ENTRE MODELOS ODONTOLÓGICOS DE  
YESO Y DIGITALES 3D**

**Belén Alejandra Oliva Saldívar**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
CIRUJANA-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Prof. Dr. Cristian Vergara Núñez**

**TUTOR ASOCIADO**

**Prof. Dr. Eduardo Álvarez Palacios**

**Adscrito a PERIODO 2020/12  
Santiago - Chile  
2021**





**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DEL NIÑO Y ORTOPEDIA DENTOMAXILAR  
ÁREA DE ORTODONCIA**

**COMPARACIÓN ANTROPOMÉTRICA ENTRE MODELOS ODONTOLÓGICOS DE  
YESO Y DIGITALES 3D**

**Belén Alejandra Oliva Saldívar**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
CIRUJANA-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Prof. Dr. Cristian Vergara Núñez**

**TUTOR ASOCIADO**

**Prof. Dr. Eduardo Álvarez Palacios**

**Adscrito a PERIODO 2020/12  
Santiago - Chile  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero comenzar agradeciendo al pilar fundamental de mi vida, el cual desde siempre me ha hecho sentir que soy capaz de lograr grandes cosas, mi familia: Sandra, Hugo, Huguito, Claudia, Emilia, Sofía y Nené. Sin ustedes nada de esto sería posible. Gracias por confiar en mí, por impulsarme a ser cada día mejor y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia siempre se puede salir adelante. Los amo con todo mi corazón.

Agradecimientos especiales a mis pacientes favoritos: Emilia, Hugo y Nené. Sobre todo, a ti Nené; jamás olvidaré la sonrisa que tenías al tener tus nuevas prótesis, porque aparte de trabajar profesionalmente, notaste que trabajé con todo el amor del mundo. Estoy segura de que donde estés me miras orgullosísima de la mujer en la que me he convertido.

A mis amigos Pilar, Camila, Fernanda, María José, Nicolás y Juan, que siempre estuvieron para alegrar mis días. Estoy muy agradecida de su cariño y amistad, los cuales durarán mucho más que el transcurso de una carrera universitaria.

A Andrés, que me acompañó durante los últimos años de esta carrera. Gracias por llenarme de felicidad y vida, por tu apoyo incondicional y por hacer que volviera a creer que soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

A mis amigas de toda la vida, Javiera y Claudia, que me acompañaron de cerca durante este último proceso y siempre estuvieron entregándome su cariño y buenas vibras.

A Paz, mi amiguita carmeliana con la que a pesar de que nuestros caminos tomen rumbos distintos, la vida siempre se encarga de volver a juntarnos y mantenernos unidas. Gracias por todo el amor, lealtad y compañerismo que hay desde hace casi 10 años.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor, el Dr. Cristian Vergara, el cual siempre tuvo la mejor disposición para ayudarme y motivarme a sacar adelante este trabajo de investigación; su vocación se nota y es digna de admirar. Agradecer también a los demás integrantes del PERIODO, sobre todo a Nicolás, que con su compañerismo hizo que este proceso fuera mucho más ameno.

A todos quienes me acompañaron durante esta etapa; amigos, compañeros, académicos y funcionarios, quienes hicieron que mi paso por la facultad fuera inolvidable, infinitas gracias.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
Antropometría	8
Antropometría directa e indirecta	8
Antropometría en odontología	8
Medición indirecta en modelos odontológicos de yeso	9
Desventajas de los modelos odontológicos de yeso	11
Odontología digital 3D	12
Escáner intraoral	14
Escáner extraoral	15
Programas informáticos para modelos digitales 3D	17
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>21</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>21</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>21</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>22</b>
Descripción de la muestra	22
Criterios de inclusión del grupo	23
Criterios de exclusión del grupo	23
Medidas de los modelos odontológicos	24
Medidas directas en modelos odontológicos de yeso	26
Digitalización de los modelos odontológicos de yeso	26
Medidas indirectas en modelos digitales 3D	27
Calibración intra-observador e inter-observadores.	29
Análisis estadístico	32
<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
Generalidades de los modelos odontológicos de yeso y digitales 3D	36
Confiabilidad y validez de los modelos digitales 3D	38
Alcances y limitaciones de los modelos digitales 3D	42
Atrición	42
Apiñamiento, inclinación y rotación	44
Diferencias clínicamente significativas	45

Tipos de escáneres	46
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>SUGERENCIAS</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>56</b>

## 1. RESUMEN

**Introducción:** La antropometría corresponde a la medición de distancias entre puntos o estructuras en seres humanos. En odontología esto resulta útil para el diagnóstico, plan de tratamiento, registro médico legal y comparaciones pre y postratamiento. Una de las técnicas más utilizadas en el área de ortodoncia corresponde a la medición en modelos de yeso, teniendo como desventaja fracturas, distorsión en el tiempo y necesidad de gran espacio de almacenamiento. Los modelos digitales tridimensionales (3D) surgen para suplir estas desventajas, pero resulta importante que esta medición sea lo más exacta posible, por lo que aparece la siguiente interrogante: ¿Son congruentes las medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y en sus versiones digitales 3D como examen complementario en ortodoncia?

**Material y métodos:** Se realizó un estudio observacional analítico. Se realizaron mediciones dentarias en 38 pares de modelos odontológicos de yeso, de manera directa en ellos con un compás de Korkhaus y de manera indirecta en sus versiones digitales 3D obtenidas a partir de un escáner MDS 500 Maestro 3D®, medidas con el programa informático Blue Sky Plan®. Las medidas realizadas fueron altura del incisivo central superior, ancho del incisivo central superior y distancia intercanina inferior. Los datos se tabularon en una hoja de cálculo de Google® siendo procesados estadísticamente con el software Stata 14 S/E®. Se aplicó test Shapiro-Wilk para establecer el tipo de distribución de los datos y se utilizó T-Test para determinar si existía diferencia estadística entre las medidas.

**Resultados:** La diferencia promedio entre medidas directas e indirectas fue de 0,287 mm para el ancho del incisivo central superior con un  $p=0,009$ , 0,273 mm para la altura del incisivo central superior con  $p=0,142$  y 0,206 mm para la distancia intercanina inferior con  $p=0,3597$ . Existe diferencia estadística solamente en la medida del ancho del incisivo central superior. Los promedios de las mediciones fueron mayores con el método directo.

**Conclusiones:** De las tres medidas estudiadas, dos fueron comparables y no mostraron diferencias estadísticas y sólo el ancho del incisivo central superior tuvo diferencia estadística entre ambos métodos. Las diferencias encontradas son pequeñas, por lo que la importancia clínica debe evaluarse más a fondo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antropometría**

La antropometría corresponde a la medición de distancias entre puntos o estructuras en seres humanos. Los estudios antropométricos del territorio maxilofacial se han llevado a cabo activamente en el campo de la antropología y la medicina desde el siglo XX. Estos estudios han sido utilizados en diversas áreas como por ejemplo cirugía plástica, cirugía ortognática, rehabilitación oral, ortodoncia, entre otras (Han y cols., 2010). En estas disciplinas, la antropometría es útil para el diagnóstico, plan de tratamiento, evaluación de anomalías congénitas, deformidades adquiridas, como registro médico-legal y para comparaciones pre y post-tratamiento (Ettorre y cols., 2006; Han y cols., 2010).

#### **2.1.1. Antropometría directa e indirecta**

La antropometría directa corresponde a la medición de puntos sobre un sujeto por un examinador. Esta corresponde a la medición ideal debido a que es más precisa al medir directamente la realidad. Sin embargo, requiere habilidades especiales del examinador y uso de instrumentos de medición, lo que conlleva a hacer más prolongado el tiempo de trabajo, resultando agotador tanto para el operador como para el sujeto (Wiranto y cols., 2013). Es por esto que surge la antropometría indirecta, la cual consiste en la medición de humanos sin la presencia de estos, lo cual disminuye el tiempo de trabajo utilizado presencialmente con el sujeto debido a las dificultades que puede traer la medición directa, las cuales en el caso de la odontología pueden ser el difícil acceso, comportamiento del paciente y la presencia de saliva (Han y cols., 2010).

#### **2.1.2. Antropometría en Odontología**

En odontología, la antropometría se utiliza tanto para realizar mediciones extraorales e intraorales y así realizar un plan de tratamiento adecuado para cada paciente (Wan Hassan y cols., 2016). En el área de ortodoncia, uno de los

objetivos importantes dentro de la planificación de un plan de tratamiento y el seguimiento de éste en el tiempo, es evaluar cambios en los tejidos duros y blandos. Para este propósito, se han realizado evaluaciones cuantitativas mediante el uso de cefalometría en radiografías laterales de cráneo, fotogrametría y técnicas de imagen tridimensional (Cuperus y cols., 2012). La evaluación de estos cambios en el tiempo debería ser lo más objetiva posible, ya que se pueden utilizar para determinar el éxito de una terapia, teniendo en cuenta que esto podría significar la movilización de tejidos duros como hueso y dientes que dan soporte a las estructuras blandas del rostro (Aksu y cols., 2010). En los métodos indirectos más usados en odontología se encuentran la fotogrametría y la medición en modelos odontológicos de yeso (Wiranto y cols., 2013).

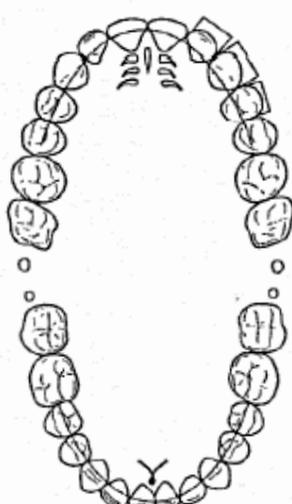
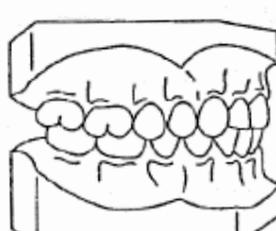
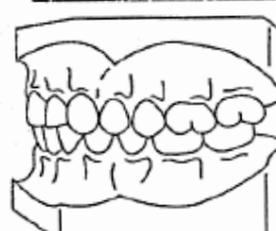
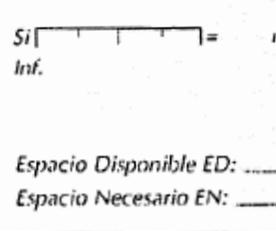
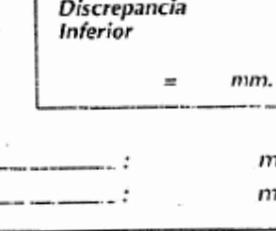
## **2.2. Medición indirecta en modelos odontológicos de yeso.**

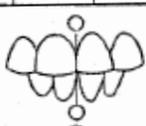
El éxito de un tratamiento de ortodoncia está basado principalmente en un buen diagnóstico integral y planificación del tratamiento, y el análisis de modelos odontológicos de yeso es una parte vital para realizar esto de forma correcta (Liang y cols., 2018). Además, estos modelos son importantes para fines didácticos y de investigación, evaluación del progreso del tratamiento, documentación del caso y mantenimiento de registros médico-legales (De Luca Canto y cols., 2015).

El análisis de modelos odontológicos de yeso permite examinar de forma precisa la oclusión y la dentición desde las 3 dimensiones, analizando la severidad de las malposiciones y/o maloclusiones. Para lograr una alineación y oclusión óptimas es importante hacer un buen diagnóstico, por lo que el análisis de modelos en ortodoncia incluye la determinación de espacio necesario y espacio disponible, rotaciones, inclinaciones, forma del arco, tamaños dentarios, escalón, resalte, longitud del arco, distancias transversales, relación de líneas medias, entre otros (figura 1 y 2) (Cuperus y cols., 2012; Gül Amuk y cols., 2019; Sherman y cols., 2020). Estas medidas pueden ser utilizadas para calcular estimaciones del apiñamiento dental y la relación entre los arcos, como el índice de Bolton (De Luca Canto y cols., 2015).

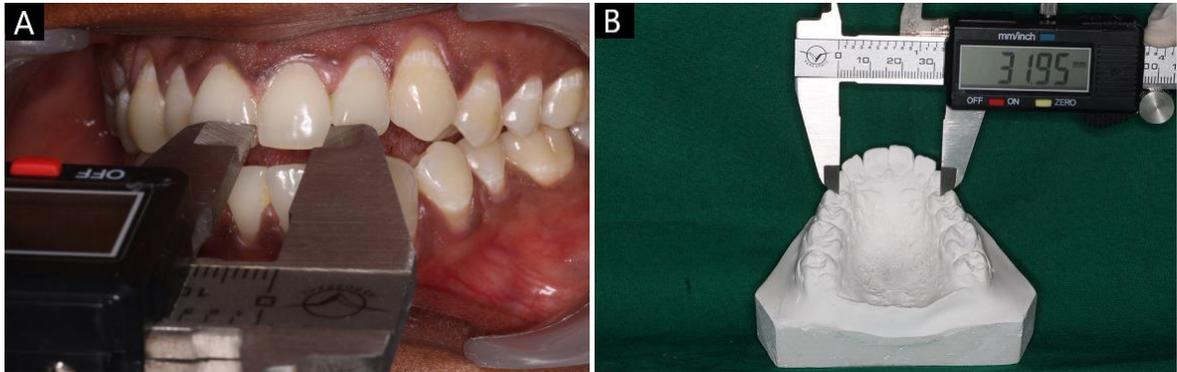
**Análisis de Modelo de Dentición Permanente**

Paciente \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_  
 Edad \_\_\_\_\_ Fecha (del modelo) \_\_\_\_\_

<b>Maxilar Sup.</b>	Espacio Disponible ED: _____ : mm.		
	Espacio Necesario EN: _____ : mm.		
	Si _____ = mm. Sup.		Discrepancia Superior = mm.
			
<b>Maxilar Inf.</b>	Espacio Disponible ED: _____ : mm.		
	Espacio Necesario EN: _____ : mm.		
	Si _____ = mm. Inf.		Discrepancia Inferior = mm.
			

<b>Oclusión</b>	<b>Vertical</b>	Relación Existente M _____ C _____	<table border="1"> <tr> <td>Acasale es:</td> <td colspan="3">Dif.:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 2,5 mm.</td> <td>Aument.</td> <td>Vis a vis</td> <td>Invert.</td> </tr> </table>	Acasale es:	Dif.:							Nº 2,5 mm.	Aument.	Vis a vis	Invert.	Relación Existente M _____ C _____
	Acasale es:	Dif.:														
Nº 2,5 mm.	Aument.	Vis a vis	Invert.													
<b>Sagital</b>	M. Normal _____ M. Abierta _____ Elongada _____ Otras _____	<table border="1"> <tr> <td>Escalón es:</td> <td colspan="3">Dif.:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 2,5 mm.</td> <td>Sobremord.</td> <td>Vis a vis</td> <td>M.abierta</td> </tr> </table>	Escalón es:	Dif.:							Nº 2,5 mm.	Sobremord.	Vis a vis	M.abierta	M. Normal _____ M. Abierta _____ Elongada _____ Otras _____	
Escalón es:	Dif.:															
Nº 2,5 mm.	Sobremord.	Vis a vis	M.abierta													
<b>Transversal</b>	Normal _____ Cruzada _____ Vis a Vis _____ Vestíbulo _____ Oclusión _____	Línea Media D.  I. Línea Media Mandíbula	Normal _____ Cruzada _____ Vis a Vis _____ Vestíbulo _____ Oclusión _____													

**Figura 1.** Ficha para realizar análisis de modelos odontológicos de yeso para Ortopedia y Ortodoncia. Facultad de Odontología, Universidad de Chile (Bustamante, 1998).



**Figura 2.** Mediciones dentales realizadas con calibrador digital. (A) Medición del ancho del incisivo central superior derecho en el paciente. (B) Medición de distancia transversal en modelo odontológico de yeso (Murugesan y cols., 2020)

### 2.2.1. Desventajas de los modelos odontológicos de yeso

Para el diagnóstico e investigación en ortodoncia, los modelos odontológicos de yeso han sido el gold standard durante muchos años debido a su precisión en la reproducción de estructuras orales. Sin embargo, estos presentan algunas desventajas como fracturas, pérdida de estructura, degradación y distorsión en el tiempo debido a la variación de humedad y temperatura (Jacob y cols., 2015; Rungrojwittayakul y cols., 2020).

Además de esto, surgen los problemas de almacenamiento debido a los requisitos medicolegales existentes en cada país. La British Dental Association sugiere que los registros se mantengan durante un mínimo de 11 años después de la finalización del tratamiento (Abizadeh y cols., 2012). Hasta el momento, en Chile no se ha hecho mención sobre exámenes complementarios como radiografías o modelos odontológicos de yeso. Sin embargo, existe la ley de Derechos y Deberes del Paciente, en la cual se indica que la ficha clínica, datos médicos u otros de carácter sensible deben ser preservados por el prestador por al menos quince años (Ley 20.584, 2012), por lo que la utilidad de respaldar estos exámenes complementarios podría ser beneficioso en el mundo odontológico (Stevens y cols., 2006; Silva y cols., 2017).

El espacio requerido para el almacenamiento de modelos odontológicos de yeso

por cada mil pacientes puede ser de hasta 17 m<sup>3</sup> (McGuinness & Stephens, 1992). Esta necesidad de almacenamiento está asociada a un elevado costo, por lo que se necesita un medio más conveniente y rentable para grabar y almacenar mientras se mantienen los registros indemnes (figura 3).



**Figura 3.** Imágenes del espacio que pueden ocupar los modelos odontológicos de yeso en una oficina de ortodoncia (Fotografías tomadas por el Prof. Dr. Cristian Vergara N).

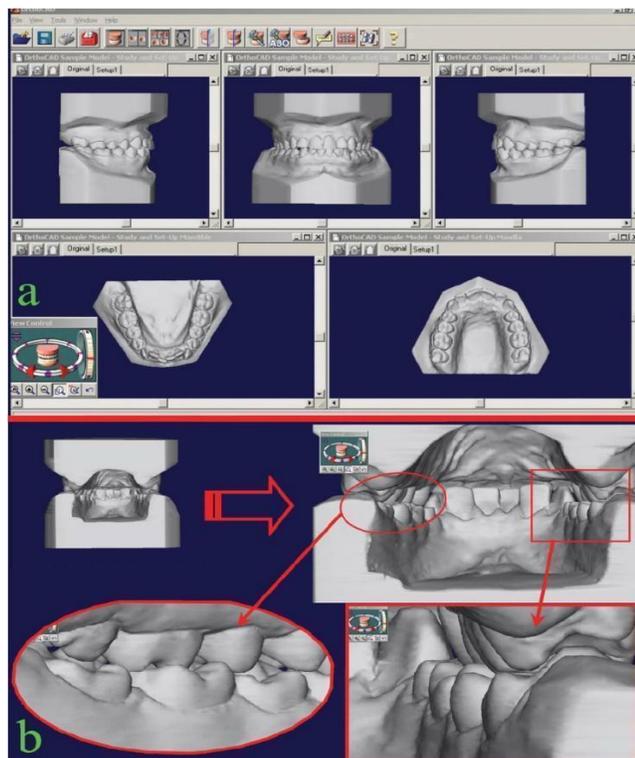
### 2.3. Odontología digital 3D

Debido a que la tecnología avanza en todos los ámbitos, se debe establecer un sistema de almacenamiento sistemático para todos los modelos odontológicos de yeso de los pacientes, superando las desventajas anteriormente mencionadas. Para esto, las investigaciones de las últimas décadas se han centrado en métodos de almacenamiento alternativos basándose en la tecnología digital. Estos incluyen holografía, estereofotogrametría, fotografía, tomografía computarizada y modelos digitales tridimensionales (3D) (Abizadeh y cols., 2012; De Luca Canto y cols., 2015).

Las técnicas 3D en odontología comenzaron en la década de 1970 con los sistemas de diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD/CAM), tecnología introducida originalmente por Duret y Termoz, la cual ha sido ampliamente aceptada por el campo de la odontología protésica y restauradora. El

primer escáner intraoral digital, Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics (CEREC®), fue presentado por Mörmann y Brandestini en la década de 1980, y se ha ido desarrollando como una herramienta aún más poderosa (Nowak y cols., 2017; Tomita y cols., 2018).

En ortodoncia, la planificación del tratamiento digital siguió siendo un desafío debido a la falta de programas informáticos adecuados. Sin embargo, a finales del siglo XX, las empresas comenzaron a ofrecer la digitalización de modelos de estudio para su uso en esta área, siendo OrthoCad® (Cadent, Carlstadt, NJ, EE.UU.) la primera compañía en producirlos (figura 4). Desde la introducción de los primeros modelos digitales 3D a la comunidad odontológica de ortodoncia, la tecnología ha avanzado y se han ido incluyendo diversos modelos digitales 3D al mundo odontológico (Jacob y cols., 2015; Murugesan & Sivakumar, 2020).



**Figura 4.** Software OrthoCad® (Redmond y cols., 2004)

Esta tecnología ha sido ampliamente aceptada en la práctica clínica de ortodoncia debido a que tiene múltiples beneficios: otorga un espacio de almacenamiento compacto, accesibilidad instantánea, modificación del formato de imagen,

intercambio electrónico de datos y personalización y modificación de la imagen, permitiendo crear vistas de sección transversal, superposición, cirugía de modelos y amplificación de estos. (Cuperus y cols., 2012; De Luca Canto y cols., 2015; Stuani y cols., 2019).

Existen varios métodos para la producción de modelos digitales 3D, pero se pueden citar dos como los principales: (1) escaneo intraoral directo de la dentición y (2) escaneo extraoral de modelos odontológicos de yeso e impresiones de alginato (Lemos y cols., 2015; Park y cols., 2020).

### **2.3.1. Escáner intraoral**

El uso de escáneres intraorales para capturar información de los arcos dentales ha aumentado en los últimos años y es un método atractivo para el ortodoncista. No solo existe una gran variedad de aplicaciones para la información digital que se genera, sino que no requiere que se tome una impresión dental convencional para poder producir el modelo digital 3D ya que se escanea directamente la boca. Sin embargo, el uso de escáneres intraorales tiene algunos inconvenientes, como el alto precio del equipo y el largo tiempo de trabajo en el sillón dental requerido para escanear (Tomita y cols., 2018). Estos dos inconvenientes, probablemente, irán mejorando con el avance tecnológico.

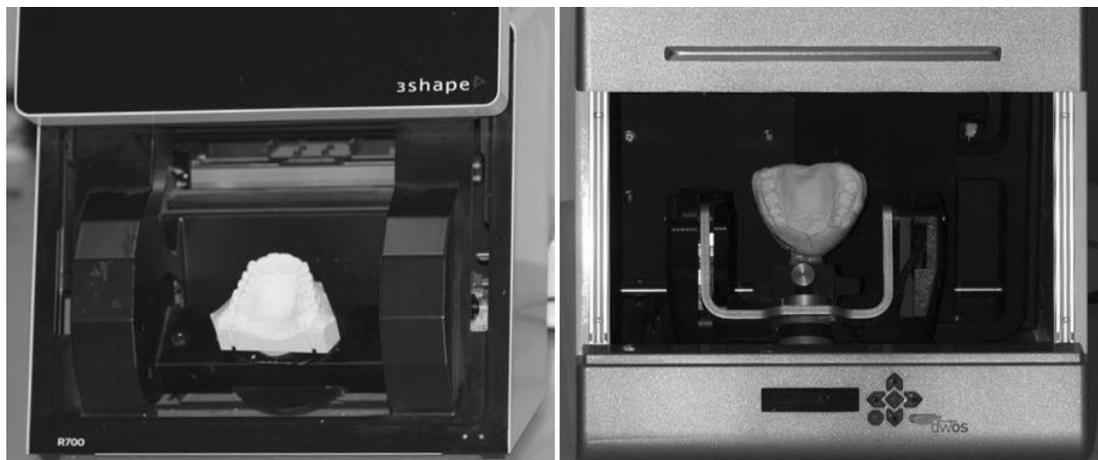
Se ha demostrado que los modelos digitales 3D obtenidos a partir de escáneres intraorales proporcionan un mayor nivel de precisión en tramos cortos en comparación a los obtenidos por escáneres extraorales. Sin embargo, dicha precisión es relativamente pobre en modelos digitales 3D de arco completo (Park y cols., 2020). Además de esto, en arcos dentarios con apiñamiento severo se produce obstrucción de la luz del escáner por el grado limitado de movimiento al momento de escanear ya que hay presencia de inclinaciones dentarias, lo cual reduce la precisión durante la obtención de la imagen (Liang y cols., 2018). Es por esto que sigue siendo incierto si dichos modelos pueden usarse en aplicaciones clínicas del área de ortodoncia y suele preferirse el escáner extraoral (figura 5).



**Figura 5.** (A) Modelo odontológico de yeso. (B) Modelo digital 3D obtenido a partir del escáner extraoral Freedom UHD® (Dof Inc., Seongdong-gu, Seoul, Korea). (C) Imagen digital 3D obtenida a partir del escáner introral CS3600® (Carestream Dental, Atlanta, GA, USA) (Park y cols., 2020)

### 2.3.2. Escáner extraoral

Hasta la fecha, el escáner extraoral sigue siendo la tecnología más utilizada en este ámbito y se utiliza para escanear modelos odontológicos de yeso e impresiones de alginato (Gül Amuk y cols., 2019) (figura 6). Estos escáneres pueden ser mecánicos u ópticos.



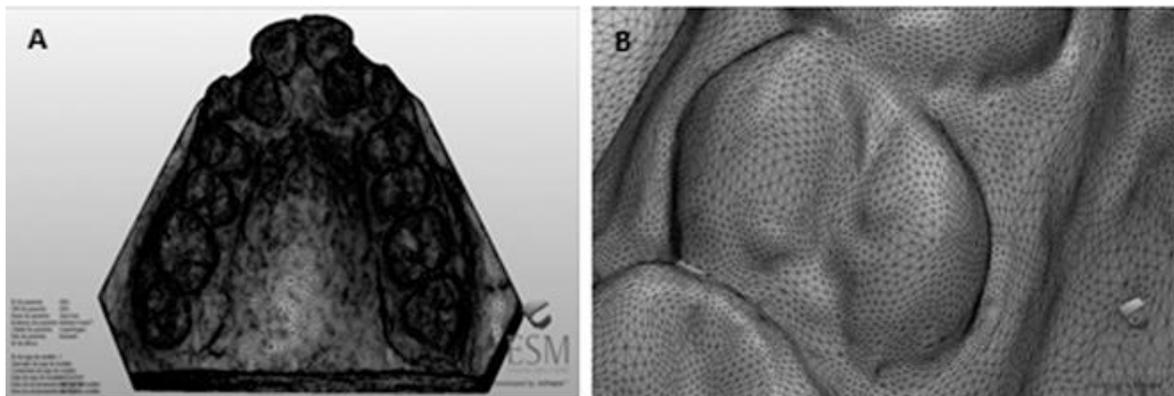
**Figura 6.** (A) Obtención de modelo digital 3D a partir del escáner de modelos 3Shape R700® (3Shape A/ S, Copenhagen, Denmark). (B) Obtención de modelo digital 3D a partir del escáner de impresiones DWOS iSeries® (Dental Wings Inc., Canada) (Gül Amuk y cols., 2019).

**Escáner mecánico:** también conocido como destructivo, recopila los datos cortando el modelo de yeso en finas capas. Al ir eliminando cada capa, se va capturando la imagen digital del área expuesta. Las capas escaneadas se combinan electrónicamente para recrear el modelo geométrico original. En este

caso, el modelo odontológico de yeso se destruye (Lemos y cols., 2015).

**Escáner óptico:** también conocido como no destructivo. En este tipo de escáner se proyecta una fuente de luz sobre el objeto a escanear, la cual puede ser luz estructurada o láser, y esta se refleja en la superficie del modelo de yeso. El patrón de dispersión resultante es capturado por un sensor óptico y la geometría original se reconstruye usando algoritmos matemáticos por medio del principio de triangulación. Aquí, el ángulo y la distancia dentro de un triángulo se utilizan para calcular los datos 3D (Lemos y cols., 2015; Nowak y cols., 2017).

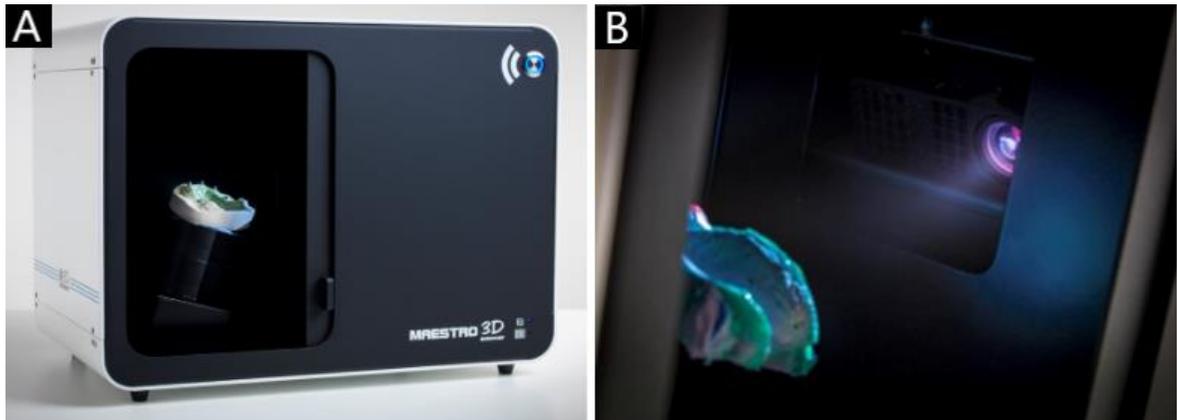
En el escáner de luz estructurada, el dispositivo proyector activo emite un patrón de luz estructurada que forma una ilusión de textura en un objeto (figura 7). Esto aumenta el número de puntos de objetos coincidentes, correspondientes a cada posición unitaria en la imagen, lo que permite la reconstrucción de objetos en 3D mediante patrones reflejados de los puntos, los cuales son recibidos por el sensor (Wan Hassan y cols., 2016).



**Figura 7.** (A) Imagen obtenida tras la organización de puntos de forma triangular. (B) Vista en primer plano de la nube de puntos formada por el escáner de luz estructurada (Lemos y cols., 2015).

Un ejemplo de este tipo de escáner es el MDS 500 Maestro 3D® (AGE Solutions, Pisa, Italia) (figura 8), el cual es un escáner de luz blanca LED que permite obtener modelos digitales 3D a partir de modelos odontológicos de yeso e impresiones. Posee un escaneo rápido que permite el escaneo de un objeto en 2,5 segundos y tiene una precisión de hasta 8  $\mu\text{m}$ . Además de esto, cuenta con una función de escaneo inteligente para impresiones, la cual permite realizar un

escaneo directo de ellas a través de un brazo de sujeción especial para la cubeta. Esto permite que el usuario sólo necesite indicar al escáner un punto de vista a través del cual la impresión se ve correctamente para realizar el escaneo de ella y adquirir un modelo digital 3D, sin la necesidad de tener que realizar un vaciado de la impresión con yeso (Power & Be, n.d.).



**Figura 8.** Escáner MDS 500 Maestro 3D®. (A) Escaneo de modelo de yeso. (B) Escaneo de impresión (Power & Be, n.d.).

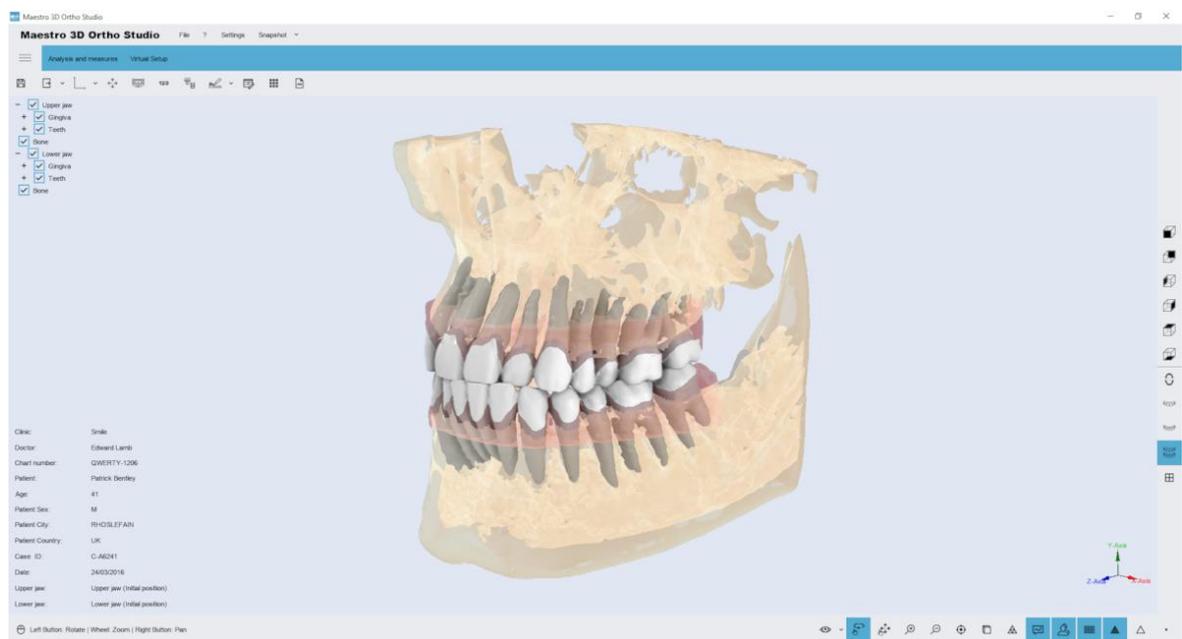
### 2.3.3. Programas informáticos para modelos digitales 3D

Así como existen diferentes métodos para hacer modelos digitales 3D, existen diferentes programas informáticos (también llamados softwares) para analizar estos modelos, hacer planes de tratamiento y realizar procedimientos asistidos por computadora para diseñar y fabricar aparatos de ortodoncia (Nawi y cols., 2018). Un ortodoncista que utiliza modelos digitales 3D para el diagnóstico y la planificación del tratamiento debe utilizar softwares específicos para realizar mediciones y ejecutar los análisis dentales de manera virtual. Existe una gran diversidad de softwares, los cuales por lo general pueden mostrar el modelo digital 3D desde diferentes ángulos, ampliarlos y segmentarlos mediante funciones de recorte, permitiendo ver el modelo en distintos planos (Camardella y cols., 2020).

La recepción positiva que han tenido los modelos digitales 3D en el área de ortodoncia impulsó un rápido avance tecnológico. Los fabricantes han introducido continuamente nuevos escáneres y programas informáticos utilizando diferentes

técnicas de escaneo para generar modelos digitales 3D. Por lo tanto, el conocimiento, capacitación y calibración de la técnica de manipulación es crucial para evitar errores del operador (Nawi y cols., 2018).

En el caso del escáner MDS 500 Maestro 3D®, su uso se potencia al combinarlo con el software Maestro 3D Dental Studio®. Con esta herramienta, gracias a la unión del módulo de ortodoncia, el módulo de restauración dental y el módulo creador de sonrisas, es posible explotar varias funciones combinadas para poder tener buenos resultados en un ambiente multidisciplinario como es el de la odontología (figura 9) (Power & Be, n.d.).

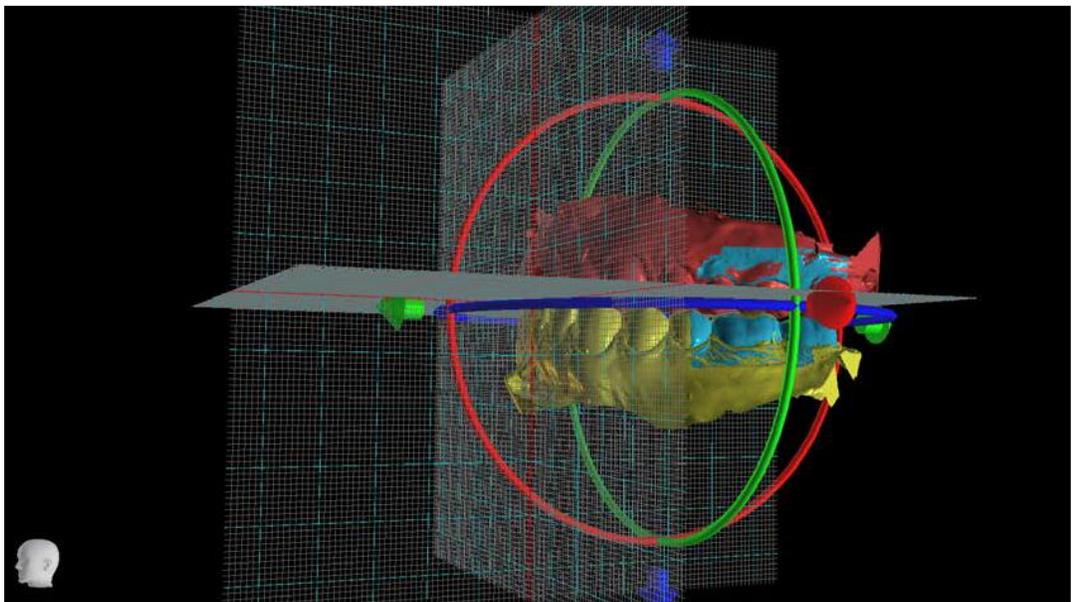


**Figura 9.** El módulo de ortodoncia Maestro 3D Ortho Studio permite combinar las coronas del modelo escaneado con las raíces obtenidas por cone beam, obteniendo un modelo 3D muy preciso y detallado por medio de un proceso de fusión rápido, fácil y automático (Power & Be, n.d.).

Sin embargo, la desventaja que tiene el software anteriormente nombrado es que se puede adquirir solamente comprándolo, permitiendo instalarlo sólo en dos computadores y usarlo en uno a la vez, lo que dificulta el intercambio de datos con personas que no lo hayan adquirido. Debido a que ocurren situaciones similares con otros programas informáticos, se han ido incorporando alternativas más asequibles y gratuitas, como es el caso de Blue Sky Plan®. Este software cuenta

con herramientas para analizar tomografías computarizadas, cefalometrías, realizar guías quirúrgicas para la planificación de implantes, módulo de diseño de aparatos protésicos y planificación de tratamientos de ortodoncia. También cuenta con un módulo de edición de modelos, en el cual se pueden realizar medidas odontológicas lineales y angulares mediante la separación de los modelos en planos (figura 10) (Manual Blue Sky Plan, 2020).

En consideración a Blue Sky Plan®, aún no existen estudios que comparen medidas antropométricas entre modelos odontológicos de yeso y modelos digitales 3D obtenidos por escáner extraoral, por lo que aún no existe una evaluación de la aceptación clínica de este programa informático para este propósito.



**Figura 10.** Modelos de estudio en oclusión El módulo básico de edición de Blue Sky Plan® permite posicionar modelos en oclusión y seccionar en distintos planos para su análisis 3D (Manual Blue Sky Plan, 2020)

Existen estudios con otros escáneres y softwares que han demostrado que la precisión y exactitud de los modelos digitales 3D obtenidos al escanear modelos odontológicos de yeso son aceptables como herramienta de diagnóstico (Fleming y cols., 2011; De Luca Canto y cols., 2015). Se ha encontrado que la discrepancia entre las mediciones de distancia basadas en modelos odontológicos de yeso y

digitales 3D es baja. Sin embargo, la literatura no es totalmente concluyente respecto al tema debido a que gran parte de la evidencia consultada indica que no existe diferencia estadística entre medidas directas en yeso e indirectas 3D (Lemos y cols., 2015; Nawi y cols., 2018; Yilmaz y cols., 2019; Gül Amuk y cols., 2019; Murugesan & Sivakumar, 2020; Camardella y cols., 2020), y otra parte de la evidencia indica que si existe diferencia estadística en algunos tipos de mediciones, siendo la mayoría de esas diferencias aceptables en la práctica clínica (Bilello y cols., 2020; De Luca Canto y cols., 2015; Liang y cols., 2018; Lo Giudice y cols., 2020; Park y cols., 2020b), por lo que aún no está claro si los escáneres tienen la precisión suficiente para aplicarse a la investigación científica y a la práctica clínica en el área de Ortodoncia. Además de esto, la literatura consultada difiere con respecto a qué parámetros se consideran para categorizar estas diferencias como clínicamente aceptables.

Debido a que la evidencia no es totalmente concluyente respecto al tema es que mediante este trabajo de investigación se buscará responder la siguiente interrogante: ¿Son congruentes las medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y en sus versiones digitales 3D como examen complementario en ortodoncia?

## **1. HIPÓTESIS**

Las medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y en sus versiones digitales 3D adquiridas a partir del escáner MDS 500 Maestro 3D® y el software Blue Sky Plan® no difieren significativamente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar las medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y en sus versiones digitales 3D adquiridas a partir del escáner MDS 500 Maestro 3D® y el software Blue Sky Plan®.

### **2.2. Objetivos específicos**

- 1) Determinar medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso
- 2) Determinar medidas obtenidas en modelos digitales 3D adquiridos a partir del escáner MDS 500 Maestro 3D® y analizados a través del software Blue Sky Plan®
- 3) Comparar las medidas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y sus versiones digitales 3D

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para comprobar la hipótesis propuesta se llevó a cabo un estudio observacional analítico.

#### 3.1. Descripción de la muestra

Los modelos odontológicos de yeso fueron seleccionados mediante método no probabilístico por conveniencia y correspondieron a registros de hombres y mujeres con dentición mixta segunda fase o dentición permanente.

Se usó la siguiente fórmula para estimar el tamaño muestral necesario para las *mediciones de distancias en modelos odontológicos de yeso* (variable cuantitativa). En este caso el tamaño de la población es infinita, de tamaño desconocido. Para calcular el tamaño muestral se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * \delta^2}{\epsilon^2}$$

Donde “n” correspondió al número de la muestra, “Z” el nivel de confianza (99%), “ $\delta$ ” la desviación estándar (1mm) y “E” el error máximo (0,3mm).

Según el cálculo anterior, el tamaño de la muestra correspondió a 74 medidas. Como se hicieron dos medidas en el modelo maxilar y una en el modelo mandibular, se necesitaban mínimo 25 pares de modelos odontológicos de yeso. A través del software G\*Power se determinó un poder estadístico de 0,8.

El tamaño de la muestra correspondió inicialmente a 64 pares de modelos, que se seleccionaron aleatoriamente, a los cuales se les aplicaron los criterios de inclusión y exclusión y finalmente quedaron seleccionados 38 pares de modelos odontológicos de yeso, con los cuales se desarrollaron los resultados.

El diseño original del estudio consideraba una muestra de pacientes de la Clínica de Ortodoncia del Programa conducente al Título Profesional de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dento Máxilo Facial, pero debido a la contingencia nacional por la pandemia de COVID-19, se utilizaron modelos odontológicos de yeso facilitados por el investigador responsable del PERIODO desde su oficina privada.

### **3.1.1. Criterios de inclusión del grupo:**

- 1) Modelos odontológicos de yeso pares (ambas arcadas) de hombres y mujeres con dentición mixta segunda fase o dentición permanente.
- 2) Par de modelos odontológicos de yeso con integridad total de al menos 1 incisivo central superior.
- 3) Par de modelos odontológicos de yeso con integridad total de ambos caninos inferiores.

### **3.1.2. Criterios de exclusión del grupo:**

- 1) Par de modelos odontológicos de yeso con ambos incisivos centrales superiores fracturados o ausentes.
- 2) Par de modelos odontológicos de yeso con ambos incisivos centrales superiores con burbujas en el margen gingival o borde incisal.
- 3) Par de modelos odontológicos de yeso con caninos inferiores fracturados, con atrición o ausentes.

Se seleccionaron los modelos odontológicos de yeso que cumplieran las condiciones antes mencionadas, se colocaron en un orden aleatorio y se anonimizaron utilizando un código alfanumérico. Se solicitó la autorización de los pacientes para utilizar sus modelos odontológicos de yeso para los fines mencionados en este estudio, mediante consentimiento informado (Anexo 4).

### 3.2. Medidas de los modelos odontológicos

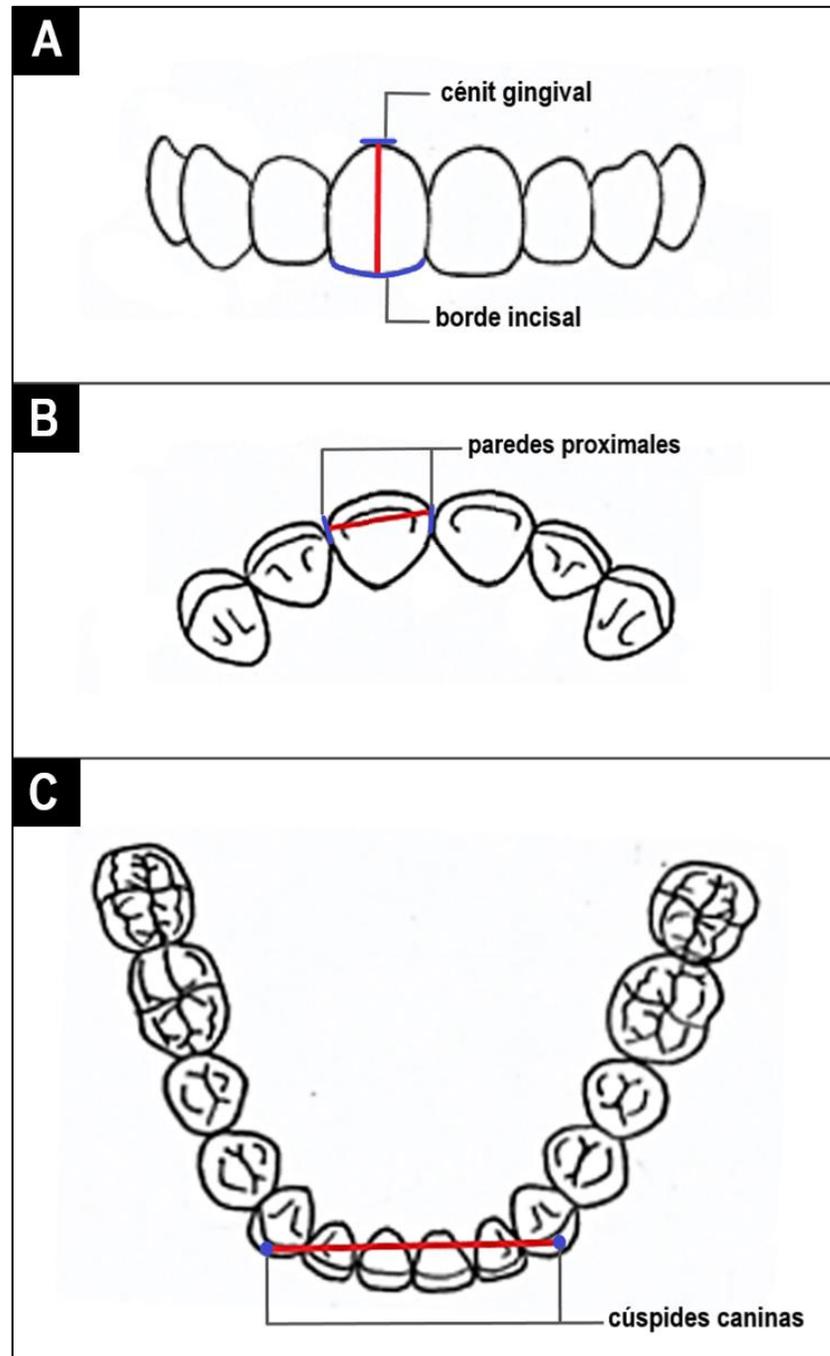
Las medidas que se registraron tanto en las mediciones directas e indirectas fueron la *Altura de la corona del incisivo central superior derecho*, el *Ancho de la corona del incisivo central superior derecho* y la *Distancia intercanina inferior*, las cuales se especifican en la tabla 1 y figura 11. Cabe destacar que las medidas directas en yeso fueron realizadas por un solo operador experto (Tutor principal) debido al contexto de pandemia en que nos encontramos.

\* Es importante considerar que en los casos en los que el incisivo central superior derecho presentaba algún criterio de exclusión y el incisivo central superior izquierdo estaba un estado óptimo, se coordinó con el Tutor principal para realizar la medición en este último tanto de forma directa como indirecta.

**Tabla 1.** Referencias anatómicas para realizar mediciones en modelos odontológicos de yeso y modelos digitales 3D

Medida	Referencia
<b>Altura de la corona del incisivo central superior derecho</b>	Desde el cémit gingival hasta el borde incisal, paralelo al eje mayor del diente
<b>Ancho de la corona del incisivo central superior derecho</b>	Desde la parte más distal visible de la pared proximal distal hasta la parte más mesial visible de la pared proximal mesial
<b>Distancia intercanina inferior</b>	Desde la punta de la cúspide canina derecha hasta la punta de la cúspide canina izquierda

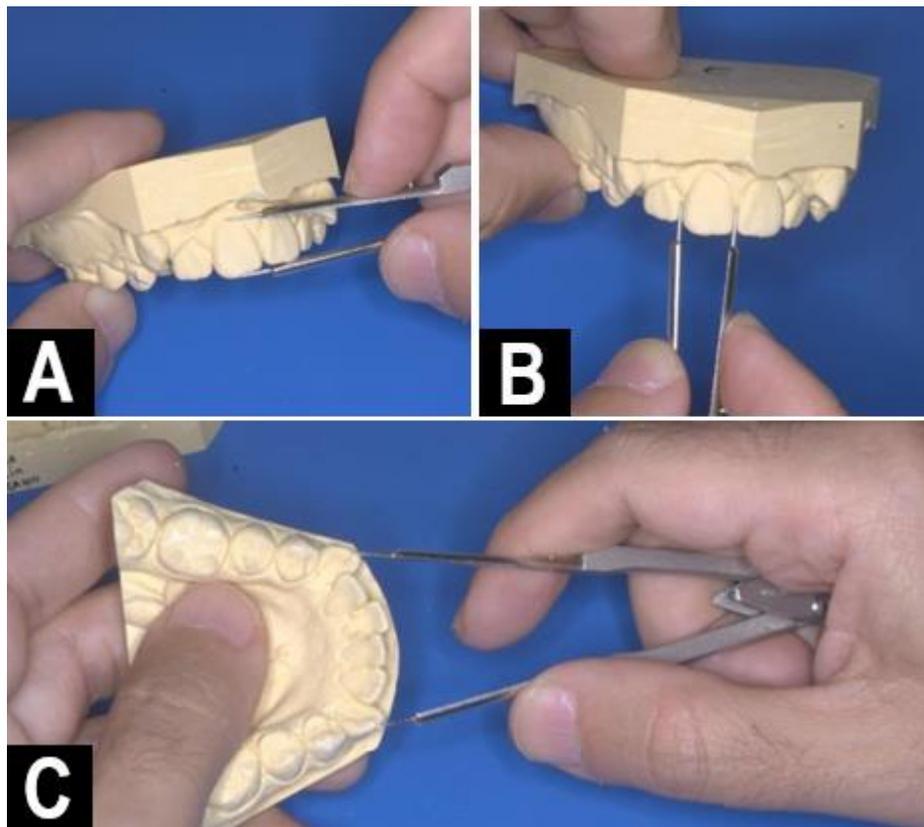
Se utilizaron estas medidas porque son de interés odontológico y porque son fáciles, objetivas y posibles de medir. Además, ya han sido utilizadas en estudios anteriores (El-Zanaty y cols., 2010; Abizadeh y cols., 2012; Liang y cols., 2018; Stuani et al., 2019).



**Figura 11.** Referencias dentarias para las medidas realizadas en la investigación. (A) Representación del alto del incisivo central superior (rojo) desde una vista frontal, en la cual se pueden observar sus puntos de referencia (azul), los cuales corresponden al cénit gingival y borde incisal. (B) Representación del ancho del incisivo central superior (rojo), desde una vista oclusal en la cual se pueden observar sus puntos de referencia (azul), los cuales corresponden a la parte más distal visible de la pared proximal distal y la parte más mesial visible de la pared proximal mesial. (C) Representación de la distancia intercanina inferior (rojo), desde una vista oclusal en la cual se pueden observar sus puntos de referencia (azul), los cuales corresponden a las puntas de las cúspides caninas inferiores (Dibujo realizado por el Dr. Nicolás Páez, modificado por la autora de la investigación)

### 3.2.1. Medidas directas en modelos odontológicos de yeso

Las mediciones directas se llevaron a cabo en los modelos odontológicos de yeso utilizando un compás de Korkhaus (figura 12) y una regla metálica milimetrada con la cual se registraron las distancias medidas con las finas puntas del compás. Todas se realizaron con la misma iluminación, en el mismo lugar físico y con los mismos instrumentos de medición. Se realizó tres veces cada medida y se sacó un promedio, el cual se registró en una hoja de cálculo de Google.

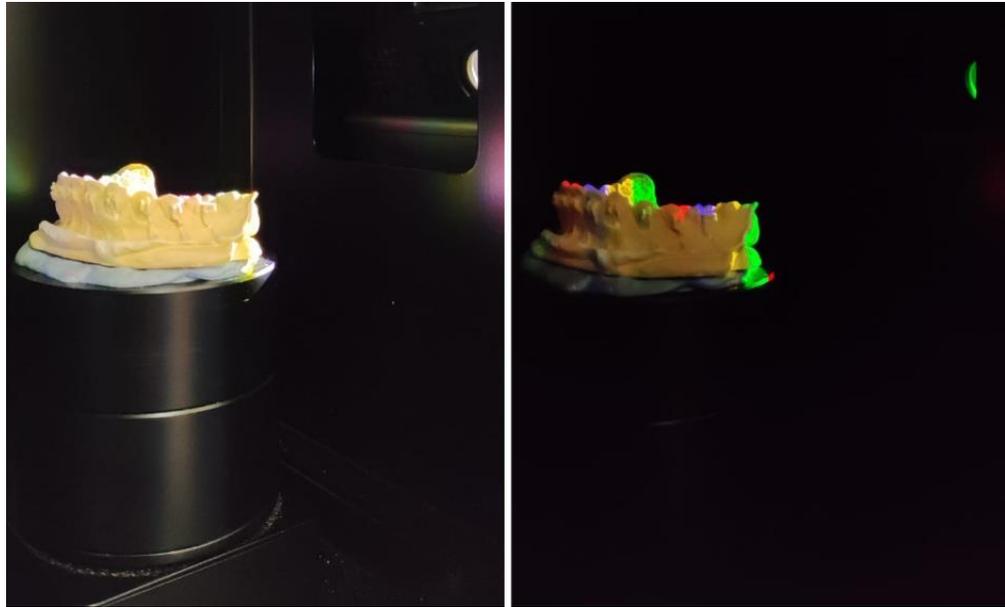


**Figura 12.** Representación de las mediciones directas en modelos odontológicos de yeso realizadas con un compás de Korkhaus: (A) altura incisivo central superior (B) ancho incisivo central superior (C) distancia intercanina inferior (fotografías tomadas por Juan Ignacio Ramírez al Prof. Dr. Cristian Vergara N.).

### 3.2.2. Digitalización de los modelos odontológicos de yeso

Los modelos odontológicos de yeso fueron escaneados por el tutor principal del proyecto de investigación con un escáner extraoral MDS500 Maestro 3D® (figura 13). Estos se digitalizaron como archivos STL con el módulo Models Builder del

programa informático Maestro 3D Dental Studio®. Se anonimizaron con las iniciales de los pacientes y se guardaron en una carpeta de Dropbox®. Estos serán eliminados al cabo de 4 años.



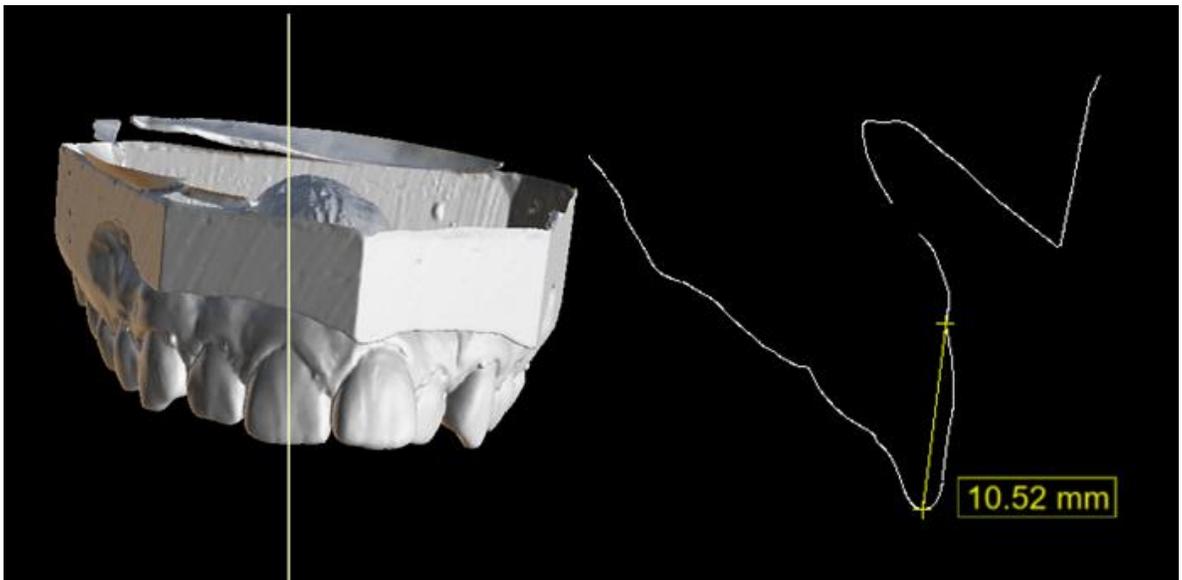
**Figura 13.** Fotografía del proceso de escaneo de un modelo odontológico de yeso por el escáner de luz estructurada MDS500 Maestro 3D® (fotografías tomadas por el Prof. Dr. Cristian Vergara N.).

### 3.2.3. Medidas indirectas en modelos digitales 3D

Los modelos digitales 3D fueron medidos por la autora de la investigación a través del programa informático Blue Sky Plan®. Las medidas que se registraron son las que se muestran en la tabla 1. Se utilizó el siguiente procedimiento para poder obtenerlas:

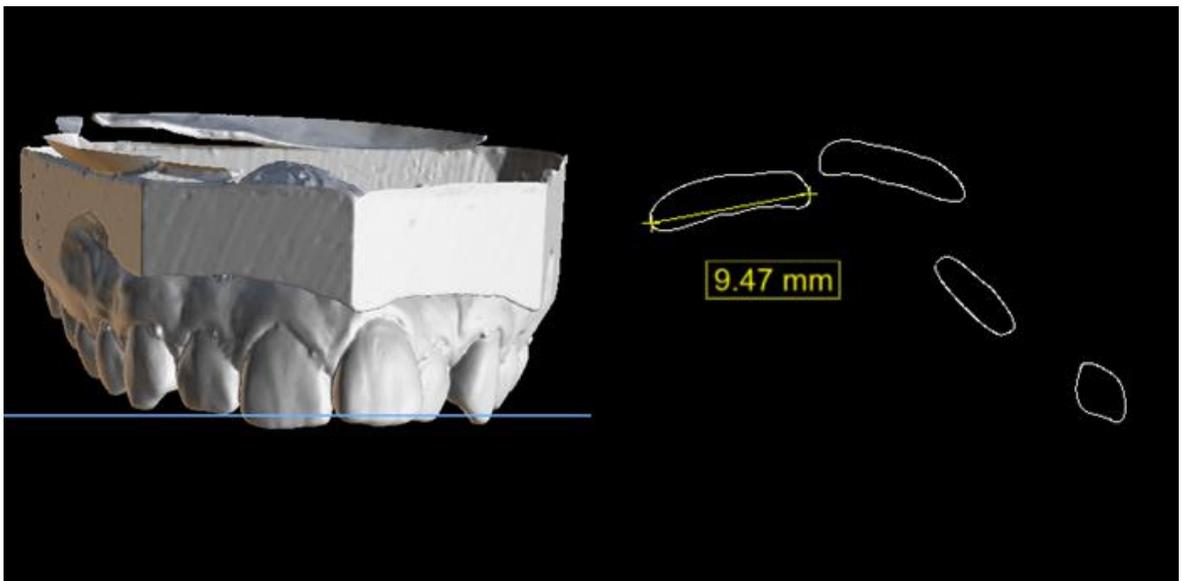
#### **Maxilar:**

- a. Desde una vista frontal, se realizó un corte sagital pasando por el eje mayor del diente. Luego, desde una vista lateral del corte, se procedió a medir desde el cenit gingival hasta el borde incisal, obteniendo la Altura de la corona del incisivo central superior derecho (figura 14).



**Figura 14.** Altura de la corona del incisivo central superior derecho (amarillo) medida con Blue Sky Plan® (Esquema realizado por la autora de la investigación).

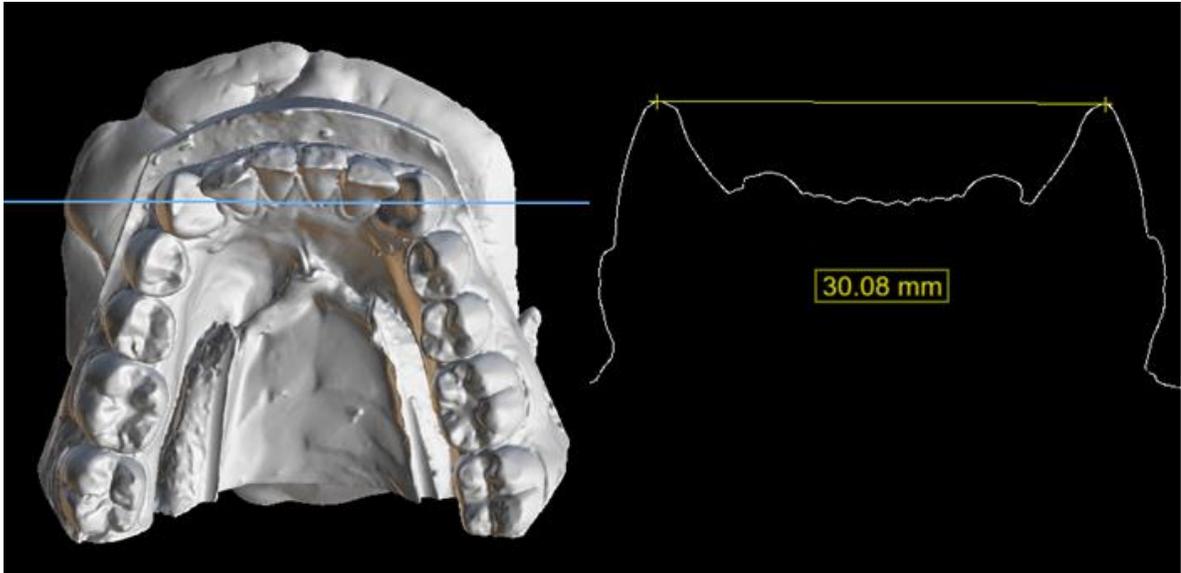
b. Desde una vista frontal, se realizó un corte axial pasando por la zona más ancha a nivel mesio-distal del diente. Luego, desde una vista oclusal del corte, se procedió a medir desde la parte más distal visible hasta la más mesial visible, para así obtener el Ancho de la corona del incisivo central superior derecho (figura 15)



**Figura 15.** Ancho de la corona del incisivo central superior derecho (amarillo) medida con Blue Sky Plan® (Esquema realizado por la autora de la investigación).

## Mandíbula:

- a. Desde una vista oclusal, se realizó un corte coronal pasando por ambas cúspides caninas. Luego, desde una vista frontal del corte, se procede a medir desde la punta de la cúspide canina derecha hasta la punta de la cúspide canina izquierda para así obtener la distancia intercanina inferior (figura 16).



**Figura 16.** Distancia intercanina inferior (amarillo) medida con Blue Sky Plan® (Esquema realizado por la autora de la investigación).

### 3.2.4. Calibración intra-observador e inter-observadores.

Antes de que cualquier instrumento de medición o herramienta de evaluación pueda usarse para investigación o aplicaciones clínicas, es necesario establecer su confiabilidad. La confiabilidad se define como una propiedad que hace referencia a que se pueden replicar las mediciones realizadas, reflejando no solo el grado de correlación sino también la concordancia entre dichas mediciones (Koo & Li, 2016). Esto es muy importante dentro de este estudio ya que la variabilidad existente dentro de un mismo observador o entre los observadores puede ocasionar errores considerables al medir y, por lo tanto, podría afectar los resultados de la investigación (Díaz de Centeno y cols., 2010).

El Coeficiente de correlación intraclase (ICC) corresponde a un método de evaluación de confiabilidad intra-observador y entre-observadores, el cual ha sido ampliamente utilizado en la investigación científica. Esta evaluación es muy importante porque sin ella no se tiene la certeza de si hay confianza en las medidas que se realicen, por lo que no se podría sacar ninguna conclusión objetiva con ellas si no se realiza una prueba de este tipo.

Para la calibración de los observadores de esta investigación se utilizaron 10 pares de modelos odontológicos de yeso y digitales 3D. En cada par se realizaron 2 mediciones espaciales, alternando entre alto y ancho de incisivos centrales superiores y distancia intercanina inferior. Se obtuvo un total de 20 mediciones, las cuales se repitieron para realizar la calibración intra-observador. Las mediciones espaciales se realizaron con los mismos instrumentos de medición y con el mismo software utilizado en esta investigación. Los datos registrados fueron reunidos en una hoja de cálculo, donde fueron comparados y analizados a través del software Stata 14.0 S/E

#### **Calibración intra-observador:**

El ICC obtenido para el observador 1, el cual realizó las medidas directas (Tutor principal), fue de 0,9972. El ICC obtenido para el observador 2, el cual realizó las medidas indirectas (autora del trabajo de investigación), fue de 0,9971 (figura 17). Ambos valores obtenidos corresponden a una concordancia casi perfecta según los valores clasificados en la tabla 2 (Koo & Li, 2016).

**Tabla 2.** Grado de confiabilidad según el valor del Coeficiente de correlación intraclase.

Coeficiente de correlación intraclase	Grado de confiabilidad
0,00 – 0,49	poca confiabilidad
0,50 – 0,74	confiabilidad moderada
0,75 – 0,81	confiabilidad buena
0,90 – 1,00	confiabilidad excelente



### **3.3. Análisis estadístico**

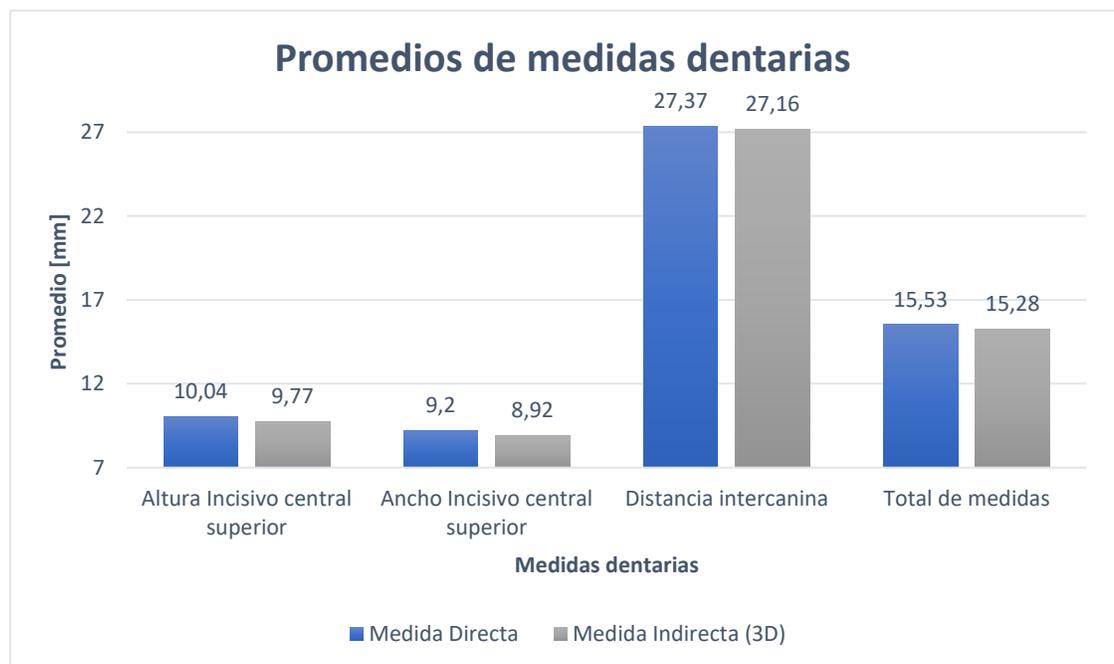
Una vez realizadas las mediciones pertinentes mediante ambos métodos, se procedió a la recopilación de datos. Se obtuvo un total de 228 medidas directas e indirectas. Los datos se tabularon en una planilla Excel (Microsoft®Excel® 2010) y se procesaron estadísticamente con el software Stata 14.0 S/E. Se aplicó el test Shapiro Wilk para determinar el tipo de distribución de los datos. Debido a que todos tuvieron una distribución normal, la totalidad de las medidas fueron analizadas con T-Test.

#### 4. RESULTADOS

Luego de tabular los datos obtenidos, se calculó el promedio de cada una de las medidas directas e indirectas, los cuales se presentan en milímetros en la tabla 3 y en la figura 19.

**Tabla 3.** Resumen de valores de medidas dentarias directas e indirectas

Tipo de medida	Medición directa	Medición indirecta	Diferencia promedio
<b>Altura incisivo central superior</b>	10,042	9,769	0,273
<b>Ancho incisivo central superior</b>	9,203	8,916	0,287
<b>Distancia intercanina inferior</b>	27,368	27,162	0,206
<b>Total</b>	15,538	15,282	0,256



**Figura 19.** Comparación de promedios de medidas directas e indirectas de la altura del incisivo central superior, ancho del incisivo central superior, distancia intercanina inferior y la totalidad de medidas realizadas

Se realizó el Test Shapiro-Wilk para analizar el tipo de distribución de la muestra. Cuando se obtiene un valor de  $p$  mayor a  $0,05$ , se considera que la muestra tiene una distribución normal.

La prueba arrojó un resultado de  $p > 0,05$  en todas las distancias. Por lo tanto, la totalidad de la muestra tiene una distribución normal de sus datos, lo cual se puede observar en la tabla 4.

**Tabla 4.** Test Shapiro-Wilk

Medida	Valor P	Interpretación
<b>Altura Incisivo central superior Directa</b>	0,58113	Distribución normal
<b>Altura Incisivo central superior Indirecta</b>	0,44059	Distribución normal
<b>Ancho Incisivo central superior Directa</b>	0,39178	Distribución normal
<b>Ancho Incisivo central superior Indirecta</b>	0,16682	Distribución normal
<b>Distancia intercanina Directa</b>	0,09023	Distribución normal
<b>Distancia intercanina Indirecta</b>	0,06011	Distribución normal

Debido a que la muestra tiene una distribución normal, se aplicó T-test para comparar las medidas obtenidas con ambos métodos. Esta prueba permite establecer si existe o no una diferencia estadística entre las medidas directas e indirectas. Cuando se aplica esta prueba estadística y da un resultado en el cual  $p$  es menor a  $0,05$ , significa que existe diferencia estadística.

En este estudio, al aplicar T-test se obtuvo como resultado  $p > 0,05$  para la Altura del incisivo central superior, la distancia intercanina inferior y la totalidad de los datos. Sin embargo, para el ancho del incisivo central superior se obtuvo un  $p < 0,05$ , lo que indica que existe diferencia estadística en esta medida dentaria (tabla 5).

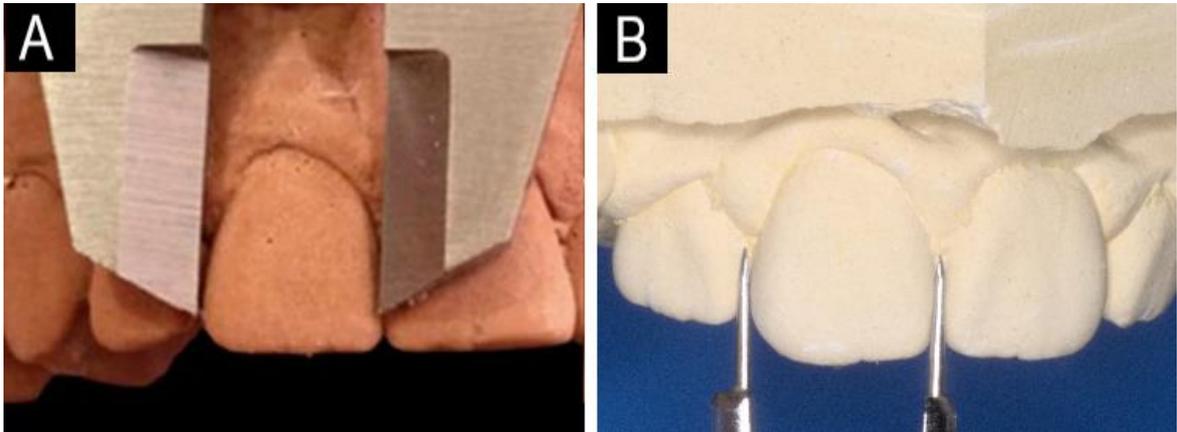
**Tabla 5.** T-Test.

Medida	Valor P	Interpretación
<b>Altura Incisivo central superior</b>	0,142	$p > 0,05$ , sin diferencia estadística
<b>Ancho Incisivo central superior</b>	0,009	$p < 0,05$ , con diferencia estadística
<b>Distancia intercanina inferior</b>	0,3597	$p > 0,05$ , sin diferencia estadística
<b>Total de medidas</b>	0,4112	$p > 0,05$ , sin diferencia estadística

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. Generalidades de los modelos odontológicos de yeso y digitales 3D**

Los modelos digitales 3D permiten suplir la mayoría de las desventajas de los modelos odontológicos de yeso, gold standard en mediciones dentales, y a la vez aportar todos los beneficios del análisis de modelos en el diagnóstico en ortodoncia. Resulta importante destacar la utilidad de esto, debido a que gracias a este análisis es posible identificar diversas maloclusiones que pueden ser solucionadas a partir de un plan de tratamiento preciso. Esta herramienta de diagnóstico tiene una confiabilidad aceptable y permite realizar un análisis oclusal desde diferentes ángulos (Lemos y cols., 2015). Sin embargo, las mediciones realizadas en los modelos odontológicos de yeso pueden verse influidas por factores como exceso de yeso en el punto de contacto entre los dientes adyacentes, fracturas de los dientes, aparatos de ortodoncia o presencia de tejidos blandos al momento de tomar la impresión. Por lo tanto, se recomiendan métodos de medición indirectos, como modelos digitales 3D, cuando el rango de medición es amplio o cuando la ubicación de los puntos de referencia es compleja o difícil de alcanzar, ya que la precisión del método directo en yeso disminuye en los casos anteriormente mencionados (Lemos y cols., 2015; Park y cols., 2020). Algunos ejemplos de mediciones que tienen puntos de referencia de difícil acceso son la altura del arco, ancho dentario, resalte y sobremordida, los cuales tienden a medirse de manera inexacta con calibradores digitales (también llamados calibradores Vernier), debido a que las puntas de estos son gruesas (Park y cols., 2020). Por lo tanto, en el presente estudio se optó por variar la metodología utilizada en la literatura consultada y no utilizar calibradores digitales, sino que utilizar un compás de Korkhaus para realizar las mediciones correspondientes (figura 20).



**Figura 20.** Comparación del grosor de las puntas de los instrumentos de medición (A) Medición del ancho dentario mediante un calibrador digital (Nappe y cols., 2015) (B) Medición del ancho dentario mediante compás de Korkhaus (fotografía tomada por Juan Ignacio Ramírez al Prof. Dr. Cristian Vergara N).

La tecnología ha ido avanzando con el paso de los años y los programas informáticos para realizar estas mediciones han incorporado herramientas para poder ampliar y seccionar en planos los modelos digitales 3D y así suplir las desventajas existentes en los modelos odontológicos de yeso. Esta característica, combinada con el pequeño cursor que se puede utilizar durante la medición, facilita la precisión en la identificación de los puntos de referencia en comparación con los calibradores utilizados en modelos odontológicos de yeso. Sin embargo, es importante mencionar que pueden ocurrir errores durante la técnica digital debido a una interpretación subjetiva en la localización de estos puntos. (Leonardo Tavares Camardella, Breuning, & Vilella, 2017)

Debido a todos los beneficios de los modelos digitales 3D es que ha incrementado rápidamente su uso desde que surgieron en el mercado. Shastry y Park, en el 2014, realizaron un estudio en el cual indicaron que el 35% de los programas de postgrados de ortodoncia acreditados en Estados Unidos y Canadá usaban modelos digitales 3D, lo que demuestra su creciente importancia y potencial uso clínico. Sin embargo, su uso en países latinoamericanos es limitado principalmente debido a los altos costos que puede generar.

## 5.2. Confiabilidad y validez de los modelos digitales 3D

Existe una amplia variabilidad de escáneres y, hasta la fecha, muy pocos estudios han validado los modelos digitales 3D obtenidos a partir de escáneres de luz estructurada en mediciones lineales de ortodoncia. La literatura consultada contiene sólo 2 estudios sobre la evaluación de la aceptación clínica del escáner de luz estructurada Maestro 3D® (Wan Hassan y cols., 2016; Nowak y cols., 2017).

Nowak y cols. en 2017, compararon las mediciones realizadas en modelos odontológicos de yeso y en modelos digitales 3D obtenidos a partir de 11 distintos tipos de escáner, los cuales se midieron a través del software Convince® Premium 2012 (3Shape, Copenhague, Dinamarca). Se midió la distancia intermolar, distancia intercanina y longitud del arco, obteniendo como resultado una diferencia promedio de 0,159 mm, 0,22 mm y 0,552 respectivamente entre mediciones directas en modelos odontológicos de yeso e indirectas en modelos digitales 3D obtenidos con el escáner Maestro 3D®, dando promedios mayores en las mediciones directas. Hubo diferencia estadística en los tres parámetros analizados.

Wan Hassan y cols. en 2016, compararon las mediciones realizadas en modelos odontológicos de yeso y modelos digitales 3D obtenidos solamente a partir del escáner Maestro 3D®, las cuales se midieron a través del software Mirror® (Canfield Scientific, Parsippany, NJ, EE.UU.). Se midió el ancho mesiodistal, el ancho vestibulo-lingual/vestibulo-palatino y el alto de la corona clínica de cada diente (de primer molar a primer molar contralateral en ambos arcos) y la longitud del arco, obteniendo como resultado una diferencia promedio de 0,001 mm, 0,05 mm, 0,027 mm y -0,008 mm respectivamente entre mediciones directas e indirectas, dando un promedio mayor en las mediciones directas exceptuando la longitud del arco, donde este valor dio un promedio mayor en las mediciones realizadas con los modelos digitales 3D. No hubo diferencia estadística en ninguno de los cuatro parámetros analizados.

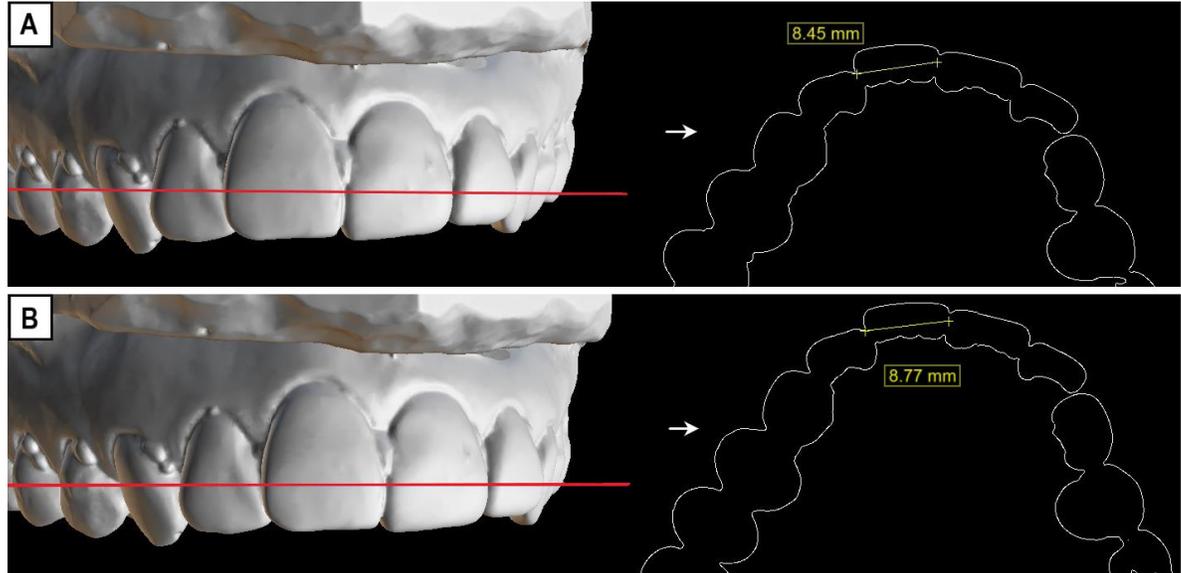
Debido a que los resultados de ambos estudios son contradictorios y que ninguno de los autores incluyó mediciones realizadas mediante Blue Sky Plan®, sino que se realizaron con otros programas informáticos, es que resultó importante investigar sobre la validez que tiene la combinación del uso de este software y el escáner Maestro 3D® para poder incorporar esta metodología a la práctica clínica diaria.

Con respecto a los resultados de este estudio, se encontró que existe diferencia estadística solamente en la medida del ancho del incisivo central superior. Esto se condice con la diferencia promedio que se obtuvo entre las medidas directas e indirectas, ya que esta fue mayor en este parámetro siendo una diferencia de 0,287 mm, versus 0,273 mm en la altura del incisivo central superior y 0,206 mm la distancia intercanina inferior. Cabe destacar que el promedio de las tres mediciones fue mayor con el método directo.

Uno de los objetivos de la medición del ancho dentario es formular la planificación del tratamiento de la maloclusión, debido a que entrega información crucial sobre la cantidad de apiñamiento, espaciamiento, análisis de espacio y discrepancias (Nawi y cols., 2018), por lo que resulta bastante importante analizar el motivo por el cual existe diferencia estadística en esta medida del estudio, ya que un mal diagnóstico de discrepancias podría llevar a un mal plan de tratamiento. Además de esto, hubo una gran similitud entre los resultados de este estudio y otros que utilizaron distintos tipos de escáneres y programas informáticos.

Dentro de los cuatro parámetros que midió Camardella y cols. en 2020, en la totalidad de ellos no hubo diferencia estadística, pero la suma de los diámetros mesiodistales si presentó diferencias clínicamente relevantes. Esto pudo deberse a que pueden ocurrir errores en la medición con calibrador digital en los modelos odontológicos de yeso ya que no hay un punto de referencia fijo y de fácil acceso. En cambio, en los modelos digitales 3D, el usuario puede fijar el punto de referencia con el clic del cursor y dejarlo establecido. Sin embargo, a pesar de que las herramientas para ampliar, seccionar y rotar las imágenes simplifiquen la selección de los puntos de referencia, esto también puede hacer que haya

confusiones al momento de interpretar estos puntos (figura 21).

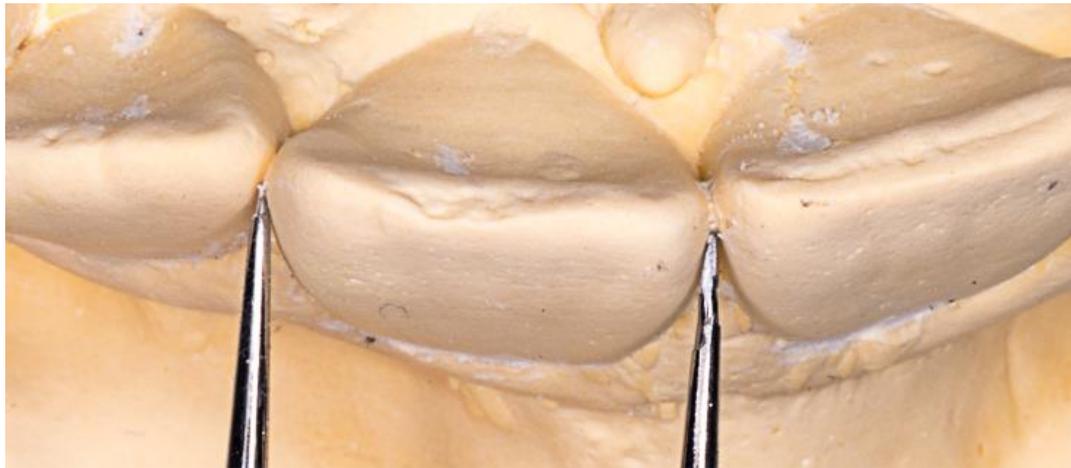


**Figura 21.** Comparación de mediciones del ancho del incisivo central superior según distintas secciones del modelo digital 3D realizadas con Blue Sky Plan® (A) Medición del ancho del incisivo central superior derecho de 8,45 mm. (B) Medición del ancho del incisivo central superior derecho luego de realizar una leve rotación en sentido transversal hacia la izquierda desde la posición A, obteniendo una medida de 8,77 mm, siendo una diferencia de 0,32 mm entre la medida en A y B (Esquema realizado por la autora de la investigación)

Yoon y cols. en 2018, obtuvieron diferencias significativas en la longitud del arco y en el diámetro mesiodistal. La primera diferencia es explicada por los autores por la distorsión que puede producirse durante el proceso de escaneo. Esta distorsión consiste en hacer que en el sector posterior el arco parezca más ancho de lo que realmente es, y que el sector anterior se desplace hacia vestibular. La diferencia en el diámetro mesiodistal puede explicarse a que en el modelo digital no existe una barrera física que determine la selección de los puntos de medición. Sin embargo, a diferencia de los autores anteriores, atribuyen esta diferencia a que las mediciones digitales son más válidas que las realizadas con calibradores sobre yeso siempre que se seleccione un punto de medición cuidadoso en la pantalla del computador.

Otro detalle importante que hay que considerar dentro de los resultados obtenidos es que el promedio de las medidas dentarias fue menor en las medidas indirectas en todos los parámetros, siendo la diferencia promedio del total de medidas de

0,256 mm. Esto es consistente en un estudio previo, en el cual Liang y cols. en 2018, también encontraron que las medidas digitales eran más pequeñas que las medidas en modelos odontológicos de yeso, hallazgo al cual también se le atribuye que la barrera física del yeso obstaculiza el proceso de medición al no dejar posicionar bien la punta del calibrador en zonas de difícil acceso (figura 22).



**Figura 22.** Representación del difícil acceso que pueden tener las puntas del compás de Korkhaus al ser obstaculizado con yeso en el espacio interproximal (Fotografía tomada por el Prof. Dr. Cristian Vergara N.)

Sin embargo, Lo Giudice y cols. en 2020, encontraron una sobreestimación de las mediciones digitales en comparación con las de yeso, principalmente en el ancho dentario. Esto también lo atribuyen a los problemas de acceso de las puntas del calibrador en modelos odontológicos de yeso. Sin embargo, también mencionan que, en modelos digitales 3D, el área interproximal entre dientes apiñados puede ser parcialmente reconstruido por algoritmos informáticos en las zonas de datos faltantes. Estas dos situaciones pueden causar ligeras variaciones en la ubicación de los puntos de referencia de los modelos odontológicos de yeso y de los modelos digitales 3D.

Debido a la controversia con respecto a los resultados anteriormente mencionados, es que surge la duda sobre si la medición manual en yeso es realmente más precisa que las mediciones digitales 3D al tener una sección transversal que ofrece una vista más simple o, al contrario, que las mediciones digitales sean más precisas al poder seccionar en planos y poder identificar

correctamente los puntos de referencia. De hecho, aunque los modelos odontológicos de yeso se consideran actualmente el gold standard, esto no debería implicar que se midan sin errores. Por lo tanto, no se puede considerar que ninguno de los métodos proporcione mediciones totalmente correctas en comparación a la medición dentaria real.

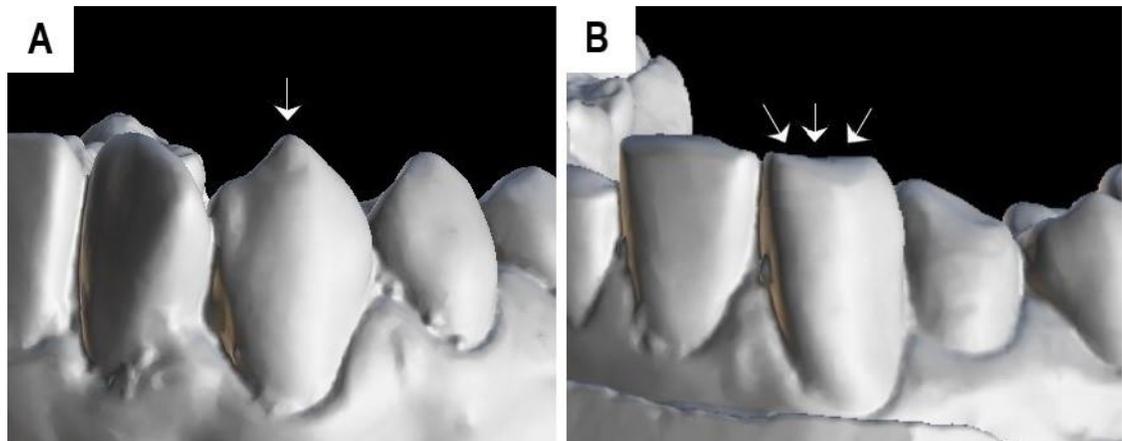
Además de esto, la familiaridad del operador con el programa informático utilizado y el método para realizar las mediciones también podría resultar en algunas inexactitudes, por lo que la experiencia y capacitación del operador en el manejo de modelos digitales 3D también es importante para obtener mediciones precisas (Nawi y cols., 2018). La identificación de puntos de referencia puede resultar difícil en imágenes 3D debido a la vista de los puntos de contacto proximales en una imagen ampliada. Aunque la resolución del software puede ser alta, puede resultar difícil elegir el punto de contacto preciso entre 2 dientes o 2 puntos para examinadores sin experiencia (Gül Amuk y cols., 2019).

### **5.3. Alcances y limitaciones de los modelos digitales 3D**

Se deben considerar muchos factores que podrían influir en la confiabilidad de las mediciones en modelos digitales 3D, como atrición, apiñamiento, inclinaciones y rotaciones de dientes para diferentes tipos de modelos. Estas situaciones podrían afectar las mediciones dentales lineales y, por lo tanto, las discrepancias.

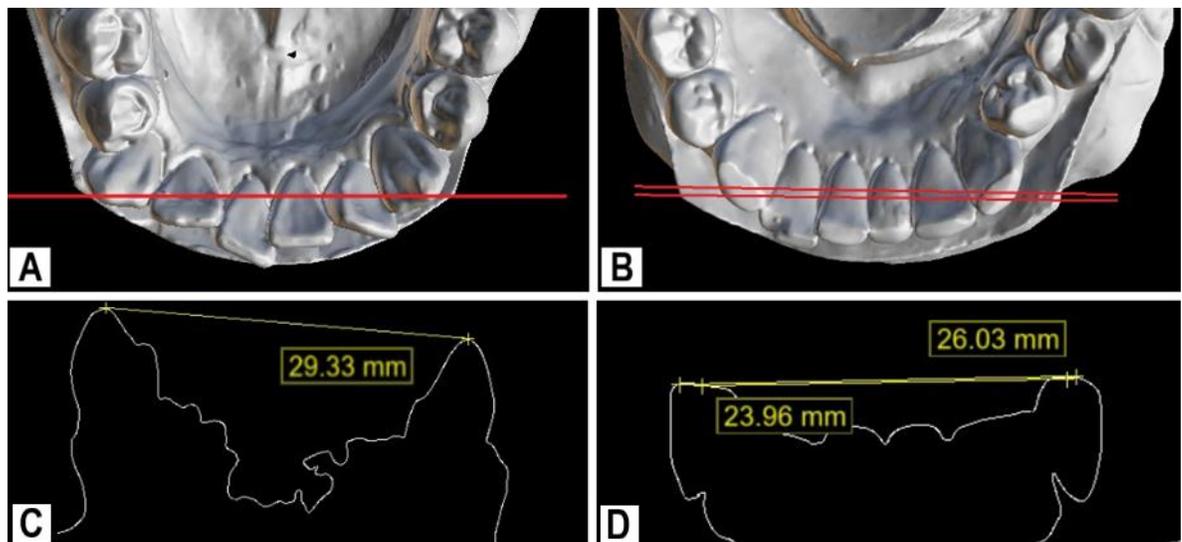
#### **5.3.1. Atrición**

De Luca Canto y cols, en el 2015, encontraron diferencias en las mediciones entre examinadores, lo cual podría deberse a la dificultad para identificar los puntos de referencia de la medición debido a características peculiares de un hito, reproduciendo puntos de referencia poco precisos, a pesar de realizar calibración. Debido a esto es que en el presente estudio se excluyeron los modelos de yeso que presentaban atrición o fracturas de los caninos inferiores, ya que al momento de tener que medir la distancia intercanina inferior esto debe realizarse midiendo de cúspide a cúspide (figura 23).



**Figura 23.** (A) Ejemplo de modelo incluido en el estudio. La flecha blanca indica la cúspide de un canino inferior sin atrición. (B) Ejemplo de modelo excluido en el estudio. Las flechas blancas indican la superficie atricionada de un canino inferior (Esquema realizado por la autora de la investigación con imágenes de Blue Sky Plan®).

Cuando estas cúspides se encuentran desgastadas la medición puede verse obstaculizada debido a una mala interpretación del hito canino, lo que conlleva a tener subjetividad en la interpretación de los puntos de referencia, volviendo inexactas las mediciones en modelos odontológicos de yeso y en modelos digitales 3D (figura 24) (Leonardo T. Camardella et al., 2020).



**Figura 24.** Comparación de la identificación de cúspides caninas con caninos indemnes y atrición dentaria, para medir la distancia intercanina inferior con Blue Sky Plan®. (A) Identificación correcta de las cúspides caninas, trazando un plano coronal que pasa por ellas para realizar la medición. (B) Dificultad para identificar cúspides caninas debido a atrición dentaria, por lo que puede seleccionarse más de un plano que pase por ellas. (C) Medición correcta de la distancia intercanina inferior en cúspides sin atrición. (D) Distintos valores de medición de la distancia intercanina inferior por atrición severa. (Esquema realizado por la autora de la investigación).

### 5.3.2. Apiñamiento, inclinación y rotación

El hecho de que en este estudio exista diferencia estadística solamente en el ancho dentario hace que resulte importante analizar qué sucede cuando existe apiñamiento dentario, la cual es una anomalía dentoalveolar que presenta la mayoría de los pacientes que acuden para realizarse un tratamiento de ortodoncia.

En pacientes con apiñamiento dentario se hace difícil reproducir las superficies proximales de los dientes apiñados. Por lo tanto, los datos faltantes se interpolan parcialmente por algoritmos digitales y esto puede resultar en variaciones en estas medidas dentarias, en comparación a las medidas en modelos odontológicos de yeso (Lo Giudice y cols., 2020). Sin embargo, las herramientas manuales utilizadas para la obtención de medidas directas también pueden ser inexactas debido a que el apiñamiento severo conduce a una barrera física que causa dificultad para colocar las puntas de los calibradores en el punto correcto del modelo odontológico de yeso. Esto podría sugerir que la medición directa en yeso también puede producir una estimación imprecisa de la superficie interproximal al igual que el modelo digital 3D (Liang y cols., 2018).

Liang y cols. en 2018 encontraron diferencias estadísticas en la medición del espacio mandibular entre diferentes grados de apiñamiento. Estas diferencias fueron más grandes en el grupo de apiñamiento severo en comparación al grupo de apiñamiento leve, lo cual puede deberse a que para poder medir los dientes muy inclinados en los modelos digitales 3D el examinador debe rotar en un mayor ángulo el modelo, y un ángulo de visión diferente en la pantalla, la cual es bidimensional (2D), puede resultar en mediciones diferentes. No obstante, la diferencia de las mediciones fue clínicamente aceptable para el diagnóstico de ortodoncia y la elaboración del plan de tratamiento.

Yoon y cols. en 2018, también realizaron mediciones dentarias en modelos odontológicos de yeso con diferentes grados de apiñamiento. En contraste con los resultados anteriormente nombrados, se determinó que el grupo de apiñamiento severo era el que presentaba una mayor diferencia en las medidas del ancho de

los incisivos laterales superiores debido a la dificultad de reproducir la superficie proximal del diente, donde la parte interna del modelo se presenta como un objeto hueco. En cambio, en el grupo de apiñamiento leve, se encontró una mayor diferencia en las medidas del ancho de los dientes posteriores. Esto último es debido a que cuando existe apiñamiento leve en el sector posterior, las superficies están en contacto casi completo con los dientes adyacentes, y cuando existe apiñamiento severo la inclinación de los dientes expone dichas superficies, por lo que resulta fácil la identificación de los puntos de referencia a medir. Por lo tanto, los estudios futuros deben considerar no solo la severidad total de apiñamiento, sino también cómo el apiñamiento afecta la precisión de las mediciones lineales en ubicaciones específicas.

Lo Giudice y cols. en 2020, también dividió la muestra según grado de apiñamiento, dividiéndola en 5 grupos. Al comparar la discrepancia de la longitud del arco de estos grupos, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas solamente en el que tenía el mayor grado de apiñamiento, donde es poco probable que tal variación altere el plan de tratamiento. Sin embargo, la pregunta permanece abierta a si estas diferencias son clínicamente significativas.

### **5.3.3. Diferencias clínicamente significativas**

Varios autores han definido que una diferencia clínicamente significativa en mediciones pequeñas, como overjet, overbite, o mediciones de un solo diente, correspondería a una diferencia igual o mayor a 0,5 mm (Reuschl y cols., 2016; Wan Hassan y cols., 2016a Nawi y cols., 2018; Yoon y cols., 2018). Sin embargo, Camardella y cols. en el 2017, utilizaron valores más precisos como límite para considerar como clínicamente significativas las diferencias entre las mediciones: 0,3 mm para el resalte, sobremordida y tamaño del diente (ancho y alto); 0,4 mm para mediciones transversales y sagitales; y 1,5 mm para la longitud del arco.

Se podría decir que una variación de 2 mm en la discrepancia de la longitud del arco podría ser determinante en el proceso de decidir entre plan de tratamiento con extracción dentaria v/s sin extracción dentaria. Por lo tanto, la verdadera

prueba de importancia clínica sería determinar si los planes de tratamiento producidos a partir de modelos digitales 3D con apiñamiento difieren significativamente de los planes de tratamiento producidos a partir de modelos odontológicos de yeso. (Lo Giudice y cols., 2020)

#### **5.3.4. Tipos de escáneres**

Resulta importante destacar que cada paciente es distinto y, por lo tanto, es interesante analizar la diversidad de la tecnología existente y los beneficios que podemos sacar de cada método para cada paciente en particular.

En cuanto a escáneres extraorales, la calidad del modelo digital 3D obtenido dependerá directamente tanto de la precisión del escáner utilizado, como de la calidad del modelo de yeso, por lo que es fundamental una buena impresión para obtener un modelo fidedigno. Esto puede ser difícil de lograr en pacientes con lesiones orales dolorosas, aparatos de ortodoncia, reflejos nauseosos, y tejidos blandos gruesos, reduciendo la precisión de la impresión. Además de esto, la proporción de pacientes de ortodoncia pediátrica que comienzan su tratamiento a temprana edad ha aumentado recientemente en respuesta a los requerimientos estéticos de los cuidadores, demandantes de una apariencia y dentición ideales (Park y cols., 2020). Debido a esto es que en este tipo de casos el uso de escáneres intraorales, en lugar de una impresión, podría reducir la incomodidad del paciente y producir un mejor modelo digital 3D, mejorando el proceso de diagnóstico y plan de tratamiento.

Además de reducir la incomodidad por reflejo nauseoso, los modelos digitales 3D obtenidos por escáner intraoral pueden proporcionar imágenes sin defectos en los puntos de referencia a medir ya que se saltaría la etapa de toma de impresión y, por lo tanto, evitaría defectos en la superficie o burbujas en los modelos de yeso. Esto es importante debido a que no es posible determinar puntos de referencia precisos en un modelo digital 3D si no se puede llegar directamente a la superficie mediante la impresión, por lo que en esos casos la capacidad de medir áreas sin datos es limitada (Murugesan & Sivakumar, 2020).

Sin embargo, existen errores que se pueden producir en el proceso de escaneo intraoral, como por ejemplo la distorsión de puntos durante la superposición de imágenes. Esto puede deberse a factores como la forma y longitud del arco por distorsiones en el hueso alveolar o en el plano oclusal. También puede deberse a la presencia de saliva, de tejidos blandos, del movimiento del paciente, la relación del tamaño del cabezal del escáner con el espacio a nivel intraoral, tiempo y habilidad de escaneo, entre otros (Yilmaz y cols., 2019).

Debido a su alta precisión y validez, es que se recomienda el uso de escáneres intraorales en rehabilitaciones dentarias unitarias o de tramos cortos, o análisis de cuadrantes dentarios. No obstante, es importante destacar que se produce cierto grado de distorsión en tramos largos, por lo que en el ámbito de la ortodoncia se recomiendan más los escáneres extraorales para poder realizar un correcto diagnóstico de longitudes del arco, discrepancias dentarias y llegar a un correcto plan de tratamiento (Park y cols., 2020).

De todas formas, resulta importante determinar el método de impresión apropiado de acuerdo con la situación individual de cada paciente, debido a que, si resulta difícil la toma de impresión con alginato por falta de cooperación del paciente o resulta difícil una impresión detallada del área interdental, es que se recomendaría más un modelo digital a partir de un escáner intraoral.

A pesar de esto, es importante destacar que en un estudio realizado por Grunheid y cols. en el 2014, se realizó una encuesta en la cual se encontró que el 73,3% de los pacientes encuestados preferían la toma de impresión convencional con alginato, mientras que el 26,7% prefería los escáneres intraorales. Por lo tanto, el modelo digital 3D obtenido mediante el escaneo de modelos de yeso o impresiones probablemente seguirá siendo una tecnología de uso muy frecuente en ortodoncia.

## 6. CONCLUSIONES

- Este estudio concluye que las medidas antropométricas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y sus versiones digitales 3D, adquiridas a partir del escáner MDS 500 Maestro 3D® y el software Blue Sky Plan®, no difieren significativamente en la altura del incisivo central superior y la distancia intercanina inferior, por lo que se acepta la hipótesis planteada para estas dos medidas.
- Se observó diferencia estadística en el ancho del incisivo central superior entre las medidas antropométricas obtenidas en modelos odontológicos de yeso y sus versiones digitales 3D, adquiridas a partir del escáner MDS 500 Maestro 3D® y el software Blue Sky Plan®, por lo que se rechaza la hipótesis planteada para este tipo de medida.

Sin embargo, hay dos puntos importantes a considerar:

1. La diferencia promedio entre las medidas de los modelos odontológicos de yeso y digitales 3D fue relativamente pequeña, por lo que la importancia clínica de estas diferencias debe evaluarse más a fondo.
2. Aunque los modelos odontológicos de yeso se consideran actualmente el gold standard para realizar mediciones dentarias, esto no implica que se midan sin errores. Por lo tanto, no se puede considerar que ninguno de los métodos proporcione mediciones totalmente correctas en comparación a la medición dentaria real.

## **7. SUGERENCIAS**

Se espera que este estudio sirva para que en el futuro se puedan realizar comparaciones entre distintos tipos de escáner, programas informáticos, grados de apiñamiento dentario y experiencia de los operadores, y establecer si la diferencia que se presenta se debe a las características de alguno de ellos. También se sugiere realizar comparaciones con mediciones realizadas directamente en boca para establecer si la medición es más confiable en modelos odontológicos de yeso o en sus versiones digitales 3D y, adicionalmente, estudiar si es que existe variación en el plan de tratamiento según el método de medición que se realice.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abizadeh, N., Moles, D. R., O'Neill, J., & Noar, J. H. (2012). Digital versus plaster study models: How accurate and reproducible are they? *Journal of Orthodontics*, 39(3), 151–159. <https://doi.org/10.1179/1465312512Z.00000000023>
2. Aksu, M., Kaya, D., & Kocadereli, I. (2010). Reliability of reference distances used in photogrammetry. *Angle Orthodontist*, 80(4), 670–677. <https://doi.org/10.2319/070309-372.1>
3. Bilello, G., Puma, A., Puma, A., Currò, G., & Pizzo, G. (2020). Validity and reliability of measurements of the parameters of smile aesthetics: A comparison between digital and plaster models. *EuroMediterranean Biomedical Journal*, 15(18), 77–81. <https://doi.org/10.3269/1970-5492.2020.15.18>
4. Camardella, L. T., Ongkosuwito, E. M., Penning, E. W., Kuijpers-Jagtman, A. M., Vilella, O. V., & Breuning, K. H. (2020). Accuracy and reliability of measurements performed using two different software programs on digital models generated using laser and computed tomography plaster model scanners. *Korean Journal of Orthodontics*, 50(1), 13–25. <https://doi.org/10.4041/kjod.2020.50.1.13>
5. Cerda Lorca, J., & Villarroel Del P., L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 54–58. <https://doi.org/10.4067/s0370-41062008000100008>
6. Congreso de Chile (24 de Abril de 2012). Ley 20.584, artículo 13 (Título 2) Regula los derechos y deberes que tienen las personas en relación con acciones vinculadas a su atención de salud. DO: 40.245. Recuperado de: <http://bcn.cl/2p8hh>
7. Cuperus, A. M. R., Harms, M. C., Rangel, F. A., Bronkhorst, E. M., Schols, J. G. J. H., & Breuning, K. H. (2012). Dental models made with an intraoral scanner: A validation study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial*

*Orthopedics*, 142(3), 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.03.031>

8. De Luca Canto, G., Pachêco-Pereira, C., Lagravere, M. O., Flores-Mir, C., & Major, P. W. (2015). Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: A systematic review. In *Orthodontics and Craniofacial Research* (Vol. 18, Issue 2, pp. 65–76). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ocr.12068>
9. El-Zanaty, H. M., El-Beialy, A. R., Abou El-Ezz, A. M., Attia, K. H., El-Bialy, A. R., & Mostafa, Y. A. (2010). Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(2), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.04.030>
10. Ettore, G., Weber, M., Schaaf, H., Lowry, J. C., Mommaerts, M. Y., & Howaldt, H. P. (2006). Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery - Part I: Basic views and guidelines. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 34(2), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2005.11.002>
11. Fleming, P. S., Marinho, V., & Johal, A. (2011). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: A systematic review. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2010.01503.x>
12. Grunheid, T., McCarthy, S.D., Larson, B.E. (2014). Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time and patient acceptance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146(2), 673-682. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.07.023>
13. Gül Amuk, N., Karsli, E., & Kurt, G. (2019). Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. *International Orthodontics*, 17(1), 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2019.01.014>

14. Han, K., Kwon, H. J., Choi, T. H., Kim, J. H., & Son, D. (2010). Comparison of anthropometry with photogrammetry based on a standardized clinical photographic technique using a cephalostat and chair. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 38(2), 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2009.04.003>
15. Jacob, H. B., Wyatt, G. D., & Buschang, P. H. (2015). Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Progress in Orthodontics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-015-0108-7>
16. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
17. Lemos, L. S., Rebello, I. M. C. R., Vogel, C. J., & Barbosa, M. C. (2015). Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3 Shape R 700 scanner. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 44(6), 20140337. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140337>
18. Liang, Y. M., Rutchakitprakarn, L., Kuang, S. H., & Wu, T. Y. (2018). Comparing the reliability and accuracy of clinical measurements using plaster model and the digital model system based on crowding severity. *Journal of the Chinese Medical Association*, 81(9), 842–847. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2017.11.011>
19. Lo Giudice, A., Muraglie, S., Martina, S., Ronsivalle, V., & Leonardi, R. (2020). Accuracy and Reliability of Space Analysis Measurements in Digital Models with Different Degrees of Crowding. *The Open Dentistry Journal*, 13(1), 505–511. <https://doi.org/10.2174/1874210601913010505>
20. Manual Blue Sky Plan, U. (2020). Blue Sky Plan ®. *ReVision*, 1–50. Recuperado de: <https://blueskybio.com/cafeine/uploads/files/documents/BS-LS-0161-es%20-%20Blue%20Sky%20Bio%20Plan%20User%20Manual%20%20-%20Attachment%20Rev%200.pdf> (08 de junio de 2020)

21. McGuinness, N. J., & Stephens, C. D. (1992). Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *British Journal of Orthodontics*, 19(3), 227–232. <https://doi.org/10.1179/bjo.19.3.227>
22. Murugesan, A., & Sivakumar, A. (2020). Comparison of accuracy of mesiodistal tooth measurements made in conventional study models and digital models obtained from intraoral scan and desktop scan of study models. *Journal of Orthodontics*, 47(2), 149–155. <https://doi.org/10.1177/1465312520910755>
23. Nappe, C. E., Donoso, F. A., Díaz, M. I., & Díaz, J. (2015). Parámetros mucogingivales y dentarios en estudiantes de odontología chilenos. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 8(3), 228–233. <https://doi.org/10.1016/J.PIRO.2015.07.005>
24. Nawi, N., Mohamed, A. M., Nor, M. M., & Ashar, N. A. (2018). Correlation and agreement of a digital and conventional method to measure arch parameters. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 79(1), 19–127. <https://doi.org/10.1007/s00056-017-0111-3>
25. Nowak, R., Wesemann, C., Robben, J., Muallah, J., & Bumann, A. (2017). An in-vitro study comparing the accuracy of full-arch casts digitized with desktop scanners. *Quintessence International*, 48(8), 667–676. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a38676>
26. Park, S.-H., Byun, S.-H., Oh, S.-H., Lee, H.-L., Kim, J.-W., Yang, B.-E., & Park, I.-Y. (2020a). Evaluation of the Reliability, Reproducibility and Validity of Digital Orthodontic Measurements Based on Various Digital Models among Young Patients. *Journal of Clinical Medicine*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/jcm9092728>
27. Power, T. H. E., & Be, T. O. (n.d.). *MAESTRO 3D*. Recuperado de: <http://www.maestro3d.com/> (08 de junio de 2020)

28. Rungrojwittayakul, O., Kan, J. Y., Shiozaki, K., Swamidass, R. S., Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., & Lozada, J. L. (2020). Accuracy of 3D Printed Models Created by Two Technologies of Printers with Different Designs of Model Base. *Journal of Prosthodontics*, 29(2), 124–128. <https://doi.org/10.1111/jopr.13107>
29. Sherman, S. L., Kadioglu, O., Currier, G. F., Kierl, J. P., & Li, J. (2020). Accuracy of digital light processing printing of 3-dimensional dental models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 157(3), 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.10.012>
30. Silva, R. F.; Felter, M.; Tolentino, P. H. M. P.; Rodrigues, L. G.; Andrade, M., y cols. Importancia pericial de los modelos de yeso odontológicos para la identificación de cuerpo putrefacto – Relato de Caso. *Int. J. Odontostomat.*, 11(3):273-278, 2017. doi: 10.4067/S0718-381X2017000300273
31. Stevens, D. R., Flores-Mir, C., Nebbe, B., Raboud, D. W., Heo, G., Major, P. W. (2006). Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 129(6), 794–803. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.08.023
32. Stuani, V. T., Ferreira, R., Manfredi, G. G. P., Cardoso, M. V., & Sant’Ana, A. C. P. (2019). Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. *Medical Hypotheses*, 128(March), 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.05.015>
33. Tomita, Y., Uechi, J., Konno, M., Sasamoto, S., Iijima, M., & Mizoguchi, I. (2018). Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning. *Dental Materials Journal*, 37(4), 628–633. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-208>
34. Wan Hassan, W. N., Othman, S. A., Chan, C. S., Ahmad, R., Ali, S. N. A., &

Abd Rohim, A. (2016). Assessing agreement in measurements of orthodontic study models: Digital caliper on plaster models vs 3-dimensional software on models scanned by structured-light scanner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *150*(5), 886–895. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.04.021>

35. Wiranto, M. G., Engelbrecht, W. P., Tutein Nolthenius, H. E., Van Der Meer, W. J., & Ren, Y. (2013). Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *143*(1), 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.06.018>

36. Yilmaz, H., Özlü, F. Ç., Karadeniz, C., & Karadeniz, E. I. (2019). Efficiency and accuracy of three-dimensional models versus dental casts: A clinical study. *Turkish Journal of Orthodontics*, *32*(4), 214–218. <https://doi.org/10.5152/TURKJORTHOD.2019.19034>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Carta de aprobación del Comité de Ética Científico de la FOUCH



Santiago, 25 de junio de 2020

Mat.: Carta Patrocinio CEC  
Externos.

Dra. Susanne Krämer S.  
Representante de Investigación  
Departamento del Niño y ODM.  
Facultad de Odontología  
PRESENTE

Estimada Dra. Krämer:

Mediante la presente la DIFO informa que, a partir del mes de junio de 2020, los investigadores cuyos proyectos internos se encuentran aprobados por la DIFO y requieran certificación de Comité de Ética Humana, deben solicitar en la secretaría de la Dirección de Investigación, la Carta de Patrocinio Institucional que entregará la DIFO para respaldar su presentación a un **Comité de Ética Humana Acreditado**. Además, el investigador deberá señalar a qué comité enviará su proyecto.

Si lo requiere, la DIFO cuenta con la información de contacto y procedimientos de los comités que están disponibles para recibir proyectos de nuestros académicos.

Dada la importancia de esta información, es que les solicitamos que puedan difundirla en su unidad académica.

Agradeciendo desde ya su gentileza, se despide cordialmente,



**DR. ALFREDO MOLINA BERRÍOS**

*Director de Investigación  
Facultad de Odontología  
Universidad de Chile*

AMB/vcm.

## Anexo 2: Acta de aprobación Comité de ética Facultad de Medicina



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS

### ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO

(Documento en versión 2 corregida 28.05.2018)

Con fecha 11 de Agosto 2020, el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina, Universidad de Chile, integrado por los siguientes miembros:

Dr. Manuel Oyarzún G., Médico Neumólogo, Presidente  
 Dra. Lucia Cifuentes O., Médico Genetista, Vicepresidente Subrogante  
 Sra. Claudia Marshall F., Educadora, Representante de la comunidad.  
 Dra. Gricel Orellana, Médico Neuropsiquiatra  
 Prof. Julieta González B., Bióloga Celular  
 Dra. Maria Angela Delucchi Biccocchi, Médico Pediatra Nefrólogo.  
 Dr. Miguel O'Ryan, Médico Infectólogo  
 Dra. Maria Luz Bascuñán Psicóloga PhD, Prof. Asociado  
 Sra. Karima Yarmuch G., Abogada  
 Srta. Javiera Cobo R., Nutricionista, Secretaria Ejecutiva

Ha revisado el Proyecto de Investigación titulado: **COMPARACIÓN DE MEDIDAS INTRA Y EXTRAORALES OBTENIDAS A TRAVÉS DE LA TÉCNICA DE MACROFOTOGRAFÍA ESTANDARIZADA Y ANTROPOMETRÍA DIRECTA COMO EXAMEN COMPLEMENTARIO EN ORTODONCIA Y OTRAS CIENCIAS MÉDICAS.** Cuyo investigador responsable es el Dr. Cristian Vergara Núñez, quien pertenece al Departamento Del Niño y Ortopedia Dento Maxilar, Facultad De Odontología, Universidad De Chile.

El Comité revisó los siguientes documentos del estudio:

- Proyecto de Investigación
- Cv del Investigador
- Consentimiento y Asentimiento Informado
- Carta Compromiso del investigador para comunicar los resultados del estudio una vez finalizado este

El proyecto y los documentos señalados en el párrafo precedente han sido analizados a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, de las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos CIOMS 2016, y de las Guías de Buena Práctica Clínica de ICH 1996.

Teléfono: 29789536 - Email: comiteceish@med.uchile.cl



11 AGO 2020



**UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS**

Sobre la base de esta información el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile se ha pronunciado de la siguiente manera sobre los aspectos del proyecto que a continuación se señalan:

- a) Carácter de la población a estudiar (cautivo/no cautiva; investigación terapéutica/no terapéutica): Cautiva.
- b) Utilidad del proyecto: Será un aporte para los clínicos y sobre todo para los académicos que quieran hacer investigación usando macrofotografías intra y extraorales. Permitirá crear una base de datos de imágenes que podrían ser útiles en estudios para futuras generaciones. Posibilitará monitorear crecimiento, evolución de la dentición en niños y registrar los cambios que suceden con la maduración de un individuo.
- c) Riesgos y beneficios: Bien balanceados.
- d) Protección de los participantes (asegurada por el consentimiento informado): Sí.
- e) Notificación oportuna de reacciones adversas: No aplica.
- f) Compromiso del investigador responsable en la notificación de los resultados del estudio al finalizar el proyecto: Sí.

Requiere seguimiento visita en terreno: si \_\_\_\_\_ no  tiempo estimado:  
Nº de vistas:

Por lo tanto, el comité estima que el estudio propuesto está bien justificado y que no significa para los sujetos involucrados riesgos físicos, psíquicos o sociales mayores que mínimos.

Este comité también analizó y aprobó los correspondientes documentos de Consentimiento Informado en su versión modificada recibida el 09 de Agosto 2020, que se adjunta firmado, fechado y timbrado por este CEISH.

**Teléfono: 29789536 - Email: comiteceish@med.uchile.cl**





**UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS**

Sin perjuicio de lo anterior, según lo establecido en el artículo 10 bis del D.S N° 114 de 2011, del Ministerio de Salud que aprueba el reglamento de la ley N° 20.120; es preciso recordar que toda investigación científica en seres humanos deberá contar con la autorización expresa del o de los directores de los establecimientos dentro de los cuales se efectúe, la que deberá ser evacuada dentro del plazo de 20 días hábiles contados desde la evaluación conforme del CEISH, siendo de responsabilidad del investigador enviar a este Comité una copia de la misma dentro del plazo señalado.

En virtud de las consideraciones anteriores el Comité otorga la aprobación ética para la realización del estudio propuesto, dentro de las especificaciones del protocolo.

Se extiende este documento por el periodo de **1 año** a contar desde la fecha de aprobación prorrogable según informe de avance y seguimiento bioético.

**Lugar de realización del estudio:**

- Facultad De Odontología, Universidad De Chile.

**Srta. Javiera Cobo Riveros**  
**Secretaria Ejecutiva CEISH**

Santiago, 11 de Agosto de 2020.

Proyecto: N° 099-2020  
Archivo acta: N° 054

**Teléfono: 29789536 - Email: comiteceish@med.uchile.cl**



11 AGO 2020

**Anexo 3: Carta de aprobación de la Dirección de Investigación de la FOUCH**

Santiago, 7 de abril de 2020

Mat.: PRI-ODO Aprobado por DIFO.

Señor  
 Dr. Cristián Vergara N.  
 Investigador Responsable Proyecto PRI-ODO  
 Docente Departamento del Niño y ODM.  
 Facultad de Odontología  
PRESENTE

Estimado Dr. Vergara:

Junto a un cordial saludo, tengo el agrado de comunicarle que su Proyecto PRI-ODO, titulado: “Comparación de Medidas Intra y Extraorales obtenidas a través de la Técnica de Macrofotogrametría Estandarizada y Antropometría Directa como Examen Complementario en Ortodoncia y otras Ciencias Médicas”, ha sido Aprobado por el Comité Revisor DIFO, sin correcciones.

Por lo que solicitamos a usted, hacernos llegar los Certificados Aprobatorios del Comité de Ética y/o del Comité de Bioseguridad si corresponde, para Asignar Código DIFO.

Se despide atentamente,



**DR. ALFREDO MOLINA BERRÍOS**  
 Director de Investigación  
 Facultad de Odontología  
 Universidad de Chile

AMB/rcm.

## Anexo 4. Consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética Científico de la FOUCH

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

**TÍTULO DEL PROYECTO:** Comparación de medidas intra y extraorales obtenidas a través de la técnica de macrofotogrametría estandarizada y antropometría directa como examen complementario en ortodoncia y otras ciencias médicas.

**Patrocinante:** Departamento del Niño y Ortopedia Dentomaxilar.

**Nombre del Investigador principal:** Dr. Cristian Vergara Núñez

**R.U.T. :** 10.687.499-9

**Institución:** Facultad de Odontología. Universidad de Chile

**Teléfonos:** Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos. (+56 2) 2 9789536. Horarios: 08:00 a 17:00 hrs., de lunes a viernes. Mail: [comiteceish@med.uchile.cl](mailto:comiteceish@med.uchile.cl) - [ceish.uchile@gmail.com](mailto:ceish.uchile@gmail.com).

**Invitación a participar:** Le estamos invitando a participar en el proyecto de investigación "Comparación de medidas intra y extraorales obtenidas a través de la técnica de macrofotogrametría estandarizada y antropometría directa como examen complementario en ortodoncia y otras ciencias médicas.", debido a que el Departamento identificado, se encuentra desarrollando una investigación acerca de la mejor forma de tomar una foto intra y extraoral y que lo que se mida en ella sea lo mismo que se mida en la persona directamente.

El Estudio permitirá desarrollar protocolos de toma de fotografías para una persona que serán útiles a la comunidad académica que estudia, por ejemplo, los cambios que tiene un paciente después de un tratamiento de ortodoncia. Así también será un aporte a la investigación de otros académicos y alumnos de nuestra facultad.

**Objetivos:** Esta investigación tiene por objetivo comparar las medidas que se toman en una persona y las que se pueden medir en una fotografía de esa misma persona. El estudio incluirá a un número total de 384 participantes, de la Clínica de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile ubicada en la comuna de Independencia en Santiago.

**Procedimientos:** Se le tomarán cuatro fotos intraorales y cuatro extraorales estandarizadas. El fotógrafo estará acompañado. La medición directa de las distancias se realizará con un compás de puntas secas y una regla metálica de 20 cm. Estas mediciones se realizarán 3 veces y se consignará el promedio para cada una.

**Riesgos:** No correrá ningún riesgo durante las mediciones directas o toma de las fotografías.

**Costos:** No existirán costos para usted, todos los gastos serán aportados por el equipo durante la investigación. Tampoco habrá remuneración por la participación en este estudio.

**Beneficios:** El beneficio de este estudio es el aporte para el progreso del conocimiento y generar un protocolo de fotografía, lo que ayudará al registro clínico y también para la investigación.



**Confidencialidad:** Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad, lo que incluye acceso de los investigadores o agencias supervisoras de la investigación mediante el archivo de las imágenes y mediciones en un disco duro externo a cargo y bajo la responsabilidad del investigador principal. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima. Las fotografías se eliminarán al cabo de 4 años. Ninguna llevará su nombre, no se publicará, difundirá, o usará para ningún otro fin que esta investigación.

**Usos potenciales de los resultados de la investigación, incluyendo los comerciales:** Los resultados de esta investigación se publicarán en una revista científica para que otros profesionales de la salud usen la técnica y puedan hacer registros fotográficos útiles para diagnóstico e investigación.

**Información adicional:** Por el hecho de participar en el estudio, tendrá derecho a que se le informe sobre los resultados y puede hacer preguntas relacionadas con las dudas que le surjan acerca de la investigación antes, durante y después de su participación.

**Voluntariedad:** Su participación en este estudio es totalmente voluntaria y por este motivo, se puede retirar en cualquier momento. Para ello debe comunicarlo al investigador principal. Su retiro será inmediato y no tiene ninguna repercusión para usted.

**Complicaciones:** Que le tomen medidas directas o fotografías no tiene ninguna complicación para usted.

**Derechos del participante:** Usted recibirá una copia íntegra y escrita de este documento firmado. Si usted requiere cualquier otra información sobre su participación en este estudio o bien conocer los resultados puede comunicarse con:

Investigador: Dr. Cristian Vergara Núñez

Teléfono: (+56 2 )2 9781725. Mail. [cvergara@odontologia.uchile.cl](mailto:cvergara@odontologia.uchile.cl). El horario de atención telefónica o personal es de 8:00 a 17:00 horas los miércoles y jueves en Clínica de Ortodoncia. Olivos 943, Independencia, Santiago.

Autoridad de la Institución: Decana

Nombre y teléfono: Dra. Irene Morales Bozo (+56 2 ) 2 978 1715. Lunes a viernes de 8:00 a 17:00. Olivos 943, Independencia, Santiago.

**Otros Derechos del participante**

En caso de duda sobre sus derechos debe comunicarse con el Presidente del "Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos", Dr. Manuel Oyarzún G., Teléfono: 2 - 978 95 36, Email: [comiteceish@med.uchile.cl](mailto:comiteceish@med.uchile.cl), cuya oficina se encuentra ubicada a un costado de la Biblioteca Central de la Facultad de Medicina, Universidad de Chile en Av. Independencia 1027, Comuna de Independencia.



**Conclusión:**

Después de haber recibido y comprendido la información de este documento y de haber podido aclarar todas mis dudas, otorgo mi consentimiento para participar en el proyecto "Comparación de medidas intra y extraorales obtenidas a través de la técnica de macrofotogrametría estandarizada y antropometría directa como examen complementario en ortodoncia y otras ciencias médicas".

Nombre del Participante Rut. :	Firma	Fecha
Nombre de Director de Institución o Delegado Art. 11 Ley 20120 Rut.:	Firma	Fecha
Nombre del investigador Rut.:	Firma	Fecha

