



# VNIVERSITAT E VALÈNCIA

FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA

DEPARTAMENTOS DE ESTOMATOLOGIA,  
*UNIDAD DOCENTE DE ORTODONCIA,*  
Y FISIOLOGIA.



## TESIS DOCTORAL

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD  
EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LA  
ARCADA DENTARIA ENTRE LA TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA DE HAZ  
CÓNICO (CBCT) Y UN MÉTODO DIGITAL CON MODELOS DE ESTUDIO.

Memoria presentada por  
**BEATRIZ TARAZONA ÁLVAREZ**

Valencia, Abril de 2011



VNIVERSITAT  
D VALÈNCIA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD  
Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS  
TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LA  
ARCADA DENTARIA ENTRE LA TOMOGRAFIA  
COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (CBCT) Y UN  
MÉTODO DIGITAL CON MODELOS DE ESTUDIO.**

**TESIS DOCTORAL**

**Presentada por**

**BEATRIZ TARAZONA ÁLVAREZ  
LICENCIADA EN ODONTOLOGÍA**

**Dirigida por**

**DR. JOSÉ LUIS GANDÍA FRANCO  
DRA. VANESSA PAREDES GALLARDO  
DRA. ROSA MARÍA CIBRIÁN ORTIZ DE ANDA**



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

D. JOSÉ LUIS GANDÍA FRANCO, Profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia,

Dña. VANESSA PAREDES GALLARDO, Profesora Ayudante de Doctor del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia,

Dña. ROSA MARÍA CIBRIÁN ORTIZ de ANDA. Profesora Titular del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia,

*CERTIFICAN QUE*

Dña. Beatriz Tarazona Álvarez, licenciada en Odontología, ha realizado bajo nuestra dirección la presente Tesis Doctoral, titulada: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS Y LAS MEDIDAS DE LA ARCADA DENTARIA ENTRE LA TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (CBCT) Y UN MÉTODO DIGITAL CON MODELOS DE ESTUDIO”**, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al grado de *Doctor en Odontología* por la Universidad de Valencia.

Para que así conste, firmamos la presente en Valencia, Abril de 2011.

**Fdo. Prof. J.L. Gandía Franco Prof. V. Paredes Gallardo Prof. R.M<sup>a</sup>. Cibrián Ortiz de Anda**

***Sólo aquellos que se arriesgan a ir muy lejos,  
pueden llegar a saber lo lejos que pueden ir”***

***T.S. Elliot***

## **AGRADECIMIENTOS**

v

Quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que han contribuido de alguna manera en la realización de esta tesis doctoral.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento al Dr. D. José Luis Gandía Franco, director de Tesis, al que agradezco la oportunidad prestada para mi incorporación en el Departamento de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de Valencia tras la finalización del Máster de Ortodoncia.

Por la ilusión puesta en esta Tesis Doctoral, desde el momento que empezó a gestarse, así como toda la ayuda recibida en este trabajo que realicé bajo su dirección.

Por proporcionarme la mayor parte de la muestra de los CBCT seleccionados.

A la Dra. Vanessa Paredes Gallardo, directora de Tesis, por dirigirme durante la realización del presente trabajo mostrando siempre total disponibilidad y motivándome constantemente con su ejemplo.

A la Dra. D<sup>ª</sup>. Rosa M<sup>ª</sup> Cibrián Ortiz de Anda, directora de Tesis su inestimable ayuda en la elaboración del estudio estadístico. Por su paciencia, por sus sugerencias y por su sincera amistad que tanto ánimo me dio para poder seguir adelante.

A toda la Unidad Docente y Profesores colaboradores del Máster de Ortodoncia y a todo el personal del Departamento de Ortodoncia, por la disposición, ayuda y formación que he recibido de todos ellos.

A todos mis compañeros del Máster por todos los momentos que hemos compartido juntos durante tanto tiempo.

A mis padres, Vicente y Beatriz por todo el amor, esfuerzo y disposición que me han dado, y me dan, por escucharme y apoyarme en TODO, y sobretodo por ser un ejemplo a seguir.

A mi padre Vicente, por sus consejos, su orientación en mi vida profesional y por alentarme en seguir mi camino universitario. Por transmitirme la importancia de la constancia, el orden, y el trabajo.

A mis hermanos por ser comprensivos y animarme día a día a seguir adelante y terminar el trabajo, y en especial a Pablo por haber dedicado parte de su tiempo libre a medir parte de la muestra.

A todos mis amigos que se han preocupado por mí y por mi Tesis.

A Jorge, por su paciencia infinita, amor, comprensión y su apoyo incondicional para poder acabar esta Tesis. Por todas las horas que hemos compartido juntos, sin ti no habría podido conseguirlo.

## **ÍNDICE GENERAL**

viii

<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II- Revisión de la Literatura.....</b>	<b>6</b>
II.1-Dimensiones dentarias.....	7
II.1.1- Medición de los tamaños dentarios.....	7
II.1.1.1- Punto de contacto anatómico.....	8
II.1.1.2- Modificaciones punto de contacto anatómico.....	9
II.2- Dimensiones de la Arcada Dentaria.....	10
II.2.1- Anchura intercanina.....	10
II.2.2- Anchura intermolar.....	11
II.2.3- Longitud de arcada.....	12
II.3- Índice de Bolton.....	15
II.3.1- Cálculo Índice de Bolton.....	15
II.3.2- Localización alteración I. Bolton Anterior.....	17
II.3.3- Localización alteración I. Bolton Total.....	19
II.3.4- Resultados Índice de Bolton.....	22
II.3.5-Cálculos.....	25
II.3.5.1-Discrepancia Oseodentaria.....	25
II.3.5.2-Diferencias arcadas dentarias.....	26
II.3.5.2.1-Diferencias Anchura Intercanina e Intermolar.....	26
II.3.5.2.1-Diferencias Longitud de arcada.....	26
II.3.5.2.1-Cociente Anchuras arcada dentaria.....	27
II.4- Evolución en las mediciones dentarias.....	28
II.4.1- Métodos Digitales.....	28
II.4.2- Métodos Tridimensionales (CBCT).....	37
II.4.2.1- Procesamiento de datos.....	40
II.4.2.2- Reconstrucción de imágenes: Segmentación.....	41
II.4.2.3- Ventajas y limitaciones del CBCT frente Método Digital.....	45
II.4.2.4- Estudios previos de fiabilidad y reproducibilidad del CBCT para medidas lineales.....	49
<b>III- Objetivos.....</b>	<b>56</b>

<b>IV- Material y Métodos.....</b>	<b>58</b>
IV.1-Tipo de datos de la muestra.....	59
IV.1.1- Medidas directas.....	61
IV.1.2- Medidas indirecta.....	62
IV.1.2.1- Índices de Bolton Anterior y Total.....	62
IV.1.2.2- Discrepancia Oseodentaria.....	63
IV.1.2.3-Diferencias arcadas dentarias.....	63
IV.1.2.3.1-Diferencias Anchura Intercanina.....	63
IV.1.2.3.2-Diferencias Anchura Intermolar.....	64
IV.1.2.3.3-Diferencias Longitud de arcada.....	64
IV.1.2.3.4-Cociente Anchuras arcadas dentarias.....	64
IV.2- Método Digital.....	65
IV.2.1-Material.....	65
IV.2.2-Método.....	69
IV.2.2.1- Digitalización de los modelos de estudio.....	69
IV.2.2.2- Funcionamiento del método digital.....	72
IV.2.2.3- Calibrado de los modelos digitalizados.....	74
IV.2.2.4- Realización de las medidas directas.....	77
IV.2.2.4.1-Tamaños mesiodistales de los dientes.....	77
IV.2.2.4.2- Anchuras Intercaninas.....	79
IV.2.2.4.3- Anchuras Intermolares.....	81
IV.2.2.4.4- Longitudes de arcada.....	83
IV.2.2.5- Realización de las medidas indirectas.....	85
IV.3- Método Tridimensional (CBCT).....	87
IV.3.1- Material.....	87
IV.3.2- Método.....	89
IV.3.2.1- Realización de los CBCT.....	89
IV.3.2.2- Segmentación de los CBCT.....	90
IV.3.2.3- Funcionamiento del Método Tridimensional.....	91
IV.3.2.4- Realización de las medidas directas.....	93
IV.3.2.4.1- Tamaños mesiodistales de los dientes.....	93
IV.3.2.4.2- Anchuras Intercaninas.....	94
IV.3.2.4.3- Anchuras Intermolares.....	95
IV.3.2.4.4- Longitudes de arcada.....	96
IV.3.2.5- Realización de las medidas indirectas.....	97
IV.4- Métodos estadísticos.....	98

<b>V- Resultados.....</b>	<b>101</b>
V.1- Reproducibilidad del Método Tridimensional.....	102
V.1.1- Variabilidad intraobservador.....	103
V.1.2- Variabilidad interobservador.....	110
V.2- Comparación de los resultados obtenidos con los dos métodos de medición en la determinación de las medidas directas e indirectas.....	122
V.2.1- Medidas directas.....	124
V.2.1.1-Tamaños mesiodistales dentarios.....	124
V.2.1.2- Anchura intercanina, intermolar y longitud de arcada.....	132
V.2.2- Medidas indirectas.....	140
<b>VI- Discusión.....</b>	<b>146</b>
VI.1- Ventajas y limitaciones del método de medida Tridimensional.....	147
VI.2- Fiabilidad y reproducibilidad Método Tridimensional.....	151
VI.3- Comparación de los resultados obtenidos con los dos métodos de medida en la determinación de las medidas directas e indirectas.....	157
VI.3.1- Medidas directas.....	157
VI.3.2- Medidas indirectas.....	165
<b>VII- Conclusiones.....</b>	<b>171</b>
<b>VIII- Bibliografía.....</b>	<b>174</b>
<b>IX- Trabajos relacionados con la Tesis.....</b>	<b>200</b>
IX.1- Comunicaciones orales.....	201
IX.2-Publicaciones.....	201
IX.3- Posters.....	202

## **I. INTRODUCCIÓN**

Un adecuado diagnóstico es indispensable para realizar un correcto plan de tratamiento en Ortodoncia. Para ello, los registros que utilizamos del paciente son; radiografías, fotografías, modelos de estudio y una correcta exploración clínica. Con todos estos datos, se elabora el listado de problemas que constituye el diagnóstico ortodóncico.

Este diagnóstico incluye aquellos procedimientos que permiten describir, analizar y medir el problema óseo y dentario en sus aspectos morfológicos y funcionales mediante acciones clínicas que se realizan sobre el paciente de forma directa e indirecta.

Por lo tanto, en la práctica ortodóncica diferenciaremos tres fuentes principales de información para realizar un estudio clínico completo:

- Anamnesis: historia médica y dental, motivo de consulta, expectativas del paciente.
- Exploración visual y palpación tanto facial como bucodental de forma manual y con el instrumental adecuado.
- Valoración de los registros diagnósticos. Son los estudios que se realizan sobre las distintas fotografías, radiografías y los modelos de estudio del paciente, sobre los que se efectúan una serie de mediciones, observaciones y registros.

Los modelos de estudio son una importante herramienta diagnóstica para elaborar un adecuado plan de tratamiento. Son modelos de escayola que reproducen tridimensionalmente y de manera exacta la dentición del paciente y donde podemos realizar medidas precisas con mayor facilidad y accesibilidad que sobre la propia boca del paciente. Nos permiten un estudio intraarcada para valorar los tamaños y formas dentarias, las posiciones de los dientes, la forma de la arcada dentaria, el cálculo de la discrepancia oseodentaria y el Índice de Bolton. También podemos realizar un estudio interarcada para analizar la oclusión en los tres planos del espacio; sagital, transversal y vertical.

Algunos de los problemas asociados a los modelos de estudio tradicionales, como la laboriosidad en su realización o los problemas de almacenaje físico, limitan su utilización en la práctica clínica. La medición manual de los modelos de estudio, supone un esfuerzo para el clínico, provocando que muchos profesionales omitan estas mediciones antes del comienzo del tratamiento de Ortodoncia, limitándose exclusivamente a mirar la forma y el tamaño de los incisivos laterales superiores, por ser los dientes que más variaciones de forma y tamaño sufren. La introducción de nuevas tecnologías que digitalizan estos modelos tridimensionalmente de manera rápida, fácil y precisa, hace que sea posible la eliminación de los mismos, calculando todas las medidas directamente sobre los modelos digitales que forman parte ya de la rutina clínica para la gran mayoría de ortodoncistas.

Paralelamente, la introducción de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) a finales de los años 90, ha supuesto un gran paso en el diagnóstico odontológico y concretamente en Ortodoncia.

El CBCT nos proporciona mayor resolución espacial de las imágenes con una alta calidad, mediante escaneados más cortos (10-70 segundos) y con radiaciones más bajas que la tomografía computarizada convencional (TC). En el ámbito de la Ortodoncia, nos permite realizar un diagnóstico más preciso, evitando realizar radiografías convencionales y proporcionándonos información de las estructuras orofaciales en los tres planos del espacio.

Durante la última década, el CBCT se está empleando específicamente para la región maxilofacial, para la colocación de implantes o el estudio de dientes impactados, sobretodo terceros molares o caninos incluidos. Pero son muchas las posibilidades que nos brinda, tales como el estudio de las vías aéreas, o la cefalometría tridimensional.

Esta nueva herramienta diagnóstica nos permite además, obtener imágenes tridimensionales de los dientes pudiendo realizar mediciones sobre ellas y sin necesidad de realizarlas sobre los tradicionales modelos de estudio.

Pero para ello y previamente, es importante conocer las características y los límites de esta nueva herramienta diagnóstica. Debemos analizar la fiabilidad y reproducibilidad para todas las diferentes medidas dentarias: tamaños dentarios,

anchuras intercaninas, anchuras intermolares y longitudes de arcada, medidos sobre las imágenes extraídas del CBCT, ya que no ha sido ampliamente analizado.

La Real Academia Española de la Lengua define “fiabilidad”, como la probabilidad de que algo funcione, que ofrezca seguridad o buenos resultados. Por tanto, los resultados que deben obtenerse deben ser reproducibles en condiciones distintas de utilización y por distintos examinadores.

El CBCT nos permite obtener indudables aplicaciones clínicas muy útiles, aconsejables y de fácil manejo, que pueden suponer una revolución en el diagnóstico ortodóncico y que podrán poco a poco ir reemplazando las tecnologías de imagen tradicional.

En un futuro, podríamos obtener con un solo registro diagnóstico, la ortopantomografía, la telerradiografía lateral y frontal de cráneo y los modelos de estudio, que son las herramientas que habitualmente utilizamos en ortodoncia. Así como, la posibilidad de visualizar infinitas imágenes que no podríamos obtener de ninguna otra forma.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

## **II.1. DIMENSIONES DENTARIAS**

### **II.1.1- MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS.**

Tal y como sugirieron Moorrees et al. (1957), la mayoría de los autores valoran los tamaños dentarios midiendo el diámetro mesiodistal de cada diente, definido como la máxima distancia lineal entre los puntos de contacto mesial y distal del mismo, y solo empleaban esta técnica cuando los dientes estaban bien posicionados en la arcada dentaria, mientras que cuando no estaban bien alineados, el diámetro mesiodistal se obtenía midiendo los puntos donde debía estar el contacto con los dientes vecinos.

Por tanto, definiremos las relaciones interproximales que se establecen entre dos dientes vecinos de una misma arcada, como la relación que existe entre la cara mesial de un diente y la cara distal del diente contiguo. La única excepción a esta norma es la relación que guardan los incisivos centrales de ambas arcadas, los cuales se relacionan entre sí por sus caras mesiales.

Es fundamental el conocimiento previo de las relaciones que guardan los dientes entre sí, para de esta manera no cometer errores en la localización de los puntos de contacto dentarios.

#### **II.1.1.1- PUNTO DE CONTACTO ANATÓMICO.**

La relación que se establece entre dos dientes vecinos mediante sus caras proximales establece una entidad anatomofisiológica que se denomina *punto de contacto anatómico*.

Éste, considerado aisladamente, es el área de contacto entre la superficie de la cara mesial de un diente y la superficie de la cara distal del diente vecino.

Desde el punto de vista anatómico, el punto de contacto es un espacio alrededor del cual se disponen una serie de estructuras que forman una región importante para la conservación del diente, puesto que la ruptura del equilibrio de sus elementos puede determinar con carácter definitivo, modificaciones en los tejidos de soporte del diente.

Cada diente contribuye a estabilizar tanto a sus dientes adyacentes como a sus antagonistas, asegurando la estabilidad de la posición de estos en sentido horizontal y vertical, facilitando la transmisión de las fuerzas masticatorias a toda la arcada dentaria.

### **II.1.1.2-MODIFICACIONES PUNTO DE CONTACTO ANATÓMICO.**

El punto de contacto es real en los primeros años de erupción tanto en la dentición temporal y como en la permanente.

La acción masticatoria produce pequeños movimientos que producen un hundimiento del diente en su propio alveolo.

Esta movilidad es mayor en mujeres que en hombres y también mayor en dientes en erupción, por lo tanto mayor en niños que en adultos.

El diente sufre movimientos de extrusión e intrusión continuos, produciéndose una fricción de los dientes y por lo tanto del punto de contacto entre ellos, que al desgastarse se transforma en una *faceta de contacto* más o menos extendida.

La primera consecuencia de la aparición de estas facetas de contacto es el acortamiento de la longitud de arcada.

Existen una serie de factores no fisiológicos que impiden el establecimiento de un correcto punto de contacto o modifican uno normalmente dispuesto.

Anomalías en la forma, en el tamaño del diente y alteraciones en la posición de los mismos (presencia de apiñamiento o diastemas) son algunos de estos factores que hacen que el punto de contacto se localice en un sitio diferente, recibiendo el nombre de *punto de contacto clínico* y no anatómico.

En resumen, definimos como *punto de contacto anatómico*, aquel donde se encuentra el punto más sobresaliente de cada diente teniendo en cuenta su anatomía, tanto a nivel mesial como distal.

En los casos de malposiciones dentarias, consideramos *punto de contacto clínico*, el lugar donde cada diente contacta su diente vecino y no donde lo debería hacer.

## **II.2- DIMENSIONES DE LA ARCADA DENTARIA.**

Las dimensiones de la arcada que hemos estudiado son: la anchura y la longitud de arcada. Para valorar la anchura de las arcadas se toma como referencia las distancias entre dientes homólogos derechos e izquierdos, aunque el punto exacto donde se coloca el instrumento de medición sobre el diente varía según los autores consultados.

### **II.2.1- ANCHURA INTERCANINA.**

La anchura intercanina es considerada por la mayoría de los autores como Mills (1964), Ward et al. (2006), Lanuza (1990), Paredes (2003) o Paulino et al. (2009), como la distancia lineal entre las cúspides de los caninos contralaterales. En caso de existir facetas de desgaste sobre dichos caninos, se toma como punto de referencia el centro de dichas superficies de desgaste.

## **II.2.2- ANCHURA INTERMOLAR.**

A diferencia de la anchura intercanina que todos los autores la miden de la misma forma, la anchura intermolar es uno de los parámetros que más variaciones ofrece a la hora de realizar su medición.

Estas mediciones pueden realizarse de distintas formas:

Moorrees (1959) o Shapiro (1974) consideraron la anchura intermolar como la distancia entre los vértices de las cúspides mesiolinguales de los molares.

Lavelle, Flinn y Foster (1971) en sus respectivos estudios, utilizaron la distancia entre los centros de los dientes homólogos, ofreciendo problemas de medición en los casos que los molares presenten grandes obturaciones que no respeten la anatomía del molar y donde la fosa esté desaparecida.

Lavelle et al. (1971) y Lanuza (1990) consideraron la anchura intermolar como la media entre la mínima y la máxima distancia entre los dos dientes.

Brown et al. (1987) y Geran et al. (2006) utilizaron la mínima distancia lineal entre los puntos medidos en la unión de la cara lingual del molar con la encía del paciente.

Knott (1972), Dekock (1972), Paredes (2003) y Paulino (2009) midieron la anchura intermolar como la máxima distancia lineal entre los puntos más salientes y alejados de los molares medidos en sus caras vestibulares. Esta anchura se verá influenciada por el diámetro bucolingual del propio molar.

### **II.2.3- LONGITUD DE LA ARCADA.**

Uno de los puntos de mayor interés clínico del análisis de las arcadas dentarias es la longitud de arcada, ya que la falta de espacio en la arcada dentaria ha sido una de las primeras preocupaciones del ortodoncista y lo sigue siendo hasta hoy en día.

En primer lugar, vamos a definir el término longitud de arcada ya que cada autor realiza una medición de la arcada dentaria de manera diferente.

Cohen en 1940, midió la distancia desde mesial del canino a distal del segundo premolar.

Lavelle et al. (1971) diferenciaron una longitud directa que medían como la suma de las distancias entre los centros de todas las piezas consecutivas de una hemiarcada y una medición oblicua que se desglosaba en tres: desde mesial del incisivo central a distal del canino, desde mesial del canino a distal del primer molar y desde mesial del incisivo central a distal del primer molar, pero tan solo para una sola hemiarcada.

Lanuzza (1990) también valoraba la longitud de arcada por hemiarcadas, habiendo en cada una de ellas una zona anterior (de mesial del incisivo central de ese lado y la cara mesial del canino, reflejando la longitud de una línea tangente a esos dos puntos) y una posterior (de mesial del canino a distal del primer molar permanente o segundo premolar inferior si no está erupcionado el primer molar).

Canut (2001) denominaba “longitud de arcada clínica” como la distancia geométrica medida sobre los puntos de contacto de los dientes posteriores y los bordes incisales

de los dientes anteriores, desde el punto mesial del primer molar permanente de un lado hasta el punto mesial del primer molar permanente del lado contralateral, distancia que expresaba el espacio disponible para albergar los diez dientes anteriores.

Mills (1964), Shapiro (1974), Sinclair y Little (1983) y Eslambochi et al. (2008) medían la longitud de arcada sumando las líneas rectas desde mesial del punto de contacto anatómico del primer molar derecho hasta el punto mesial del incisivo central derecho y desde mesial del punto de contacto anatómico del primer molar izquierdo al punto medio mesial del incisivo central izquierdo.

Existen muchas técnicas para la medición de la longitud de arcada, pero las más utilizadas son básicamente dos.

- La primera y más utilizada consiste en dividir la arcada dentaria en cuatro segmentos lineales que puedan medirse como tramos rectos, (Proffit 1994).

Los dos segmentos posteriores abarcan desde mesial del primer molar a distal del incisivo de cada uno de los lados y los dos anteriores desde distal del incisivo a la línea media interincisiva.

Estos segmentos deben medirse con un instrumento de medición puntiagudo, bien con un compás de puntas afiladas o con un calibre de puntas finas especial para la medición de dientes. Se trata de una técnica muy fiable pero laboriosa de realizar.

- La segunda, consiste en la utilización de un alambre de latón que se adapta a la forma de la arcada desde mesial del primer molar de un lado hasta el lado contralateral (Nance 1947). Reenderezando el alambre, su dimensión rectilínea representa la longitud de arcada.

Otra tercera técnica, no muy utilizada, es la descrita por Musich y Ackerman en 1973, con el uso de una cadeneta colgante de un calibrador especial denominado “catenómetro”, el cual, una vez colocado sobre la arcada del paciente, establece una curva catenaria sobre la forma del arco. Se trataba de un método rápido y fiable para establecer la longitud de arcada denominado “método de la cadeneta colgante”.

Por último, otro procedimiento poco usado es el descrito por Beazley 1971, en el cual se utilizaba una forma de arco ideal para cada paciente con sus puntos de contacto. A esta línea de arcada ideal, se trasladaba una medición hecha con un compás y se observaba la discrepancia entre la forma de la arcada ideal y la real.

## II.3- ÍNDICE DE BOLTON.

### II.3.1- CÁLCULO ÍNDICES DE BOLTON.

Wayne A. Bolton desarrolló en el año 1958 y modificó posteriormente en 1962, el índice de discrepancia de tamaño dentario entre la arcada superior e inferior, el cual sigue siendo el índice más sencillo y utilizado hasta nuestros días.

El análisis del Índice de Bolton, denominado así en honor a su creador, se lleva a cabo midiendo la anchura mesiodistal de cada uno de los dientes permanentes.

Bolton introdujo dos índices dentarios, uno al que denominó Índice de Bolton Anterior o Parcial y otro al que llamó Índice de Bolton Posterior o Total.

- El Índice de Bolton Anterior es el porcentaje obtenido al sumar el tamaño mesiodistal de los 6 dientes anteriores mandibulares (de canino a canino) dividido entre el tamaño mesiodistal de los 6 dientes anteriores maxilares (de canino a canino).
- El Índice de Bolton Total es el porcentaje obtenido al dividir la suma del tamaño mesiodistal de los 12 dientes posteriores mandibulares (de primer molar a primer molar) entre el tamaño mesiodistal de los 12 dientes posteriores maxilares (de primer molar a primer molar).

En la **Tabla I**, vemos reflejados los valores de cada uno de los Índices dados por Bolton como ideales en su estudio.

ÍNDICES DE BOLTON	VALOR	S.D.	RANGO
<b>ANTERIOR</b>			
(Inferior/Superior x 100)	77,2%	1,65	74,5-80,4%
<b>TOTAL</b>			
(Inferior/Superior x 100)	91,3%	1,91	87,5-94,8%

**Tabla I: Resultados Índice de Bolton Anterior y Total (Wayne Bolton 1958).**

Una vez realizado el cálculo de los Índices, podemos encontrar ligeras anomalías tanto por defecto como por exceso.

Al disponer de dos Índices diferentes, es posible determinar si la alteración en el tamaño dentario se encuentra a nivel anterior o a nivel posterior de la arcada dentaria o en ambas. Por tanto, pueden existir varias opciones para las alteraciones del Índice de Bolton:

- Un Índice de Bolton Anterior alterado y un Índice de Bolton Total normal, implicará una alteración en el tamaño de los dientes anteriores, mientras que el correcto tamaño de los dientes posteriores compensará la alteración anterior obteniendo un Índice de Bolton Total normal.
- Un Índice de Bolton Total alterado y un Índice de Bolton Anterior normal indicará que la discrepancia se localiza en los dientes posteriores exclusivamente, estando los dientes anteriores correctos.

- Por último, un Índice de Bolton Anterior y Total alterado indicará una alteración en el tamaño de los dientes anteriores y posteriores.

### II.3.2- LOCALIZACIÓN ALTERACION I. BOLTON ANTERIOR.

El Índice de Bolton Anterior debe tener un valor de  $77,2\% \pm 1,65$ , indicando una relación sobremordida-resalte ideal, siempre y cuando exista una angulación de los incisivos correcta y un grosor labiolingual de los bordes incisales no excesivo.

- Si el Índice de Bolton Anterior excede de  $77,2\%$ , existe un exceso de material dentario inferior. En este caso, deberemos localizar mediante las listas de Bolton de la **Tabla II**, que *valor ideal* le correspondería a los 6 dientes anteriores mandibulares para el tamaño de los 6 dientes anteriores maxilares.

PROPORCIÓN ANTERIOR (mm)					
MAX 6	MAND 6	MAX 6	MAND 6	MAX 6	MAND 6
40,0	30,9	45,5	35,1	51,0	39,4
40,5	31,3	46,0	35,5	51,5	39,8
41,0	31,7	46,5	35,9	52,0	40,1
41,5	32,0	47,0	36,3	52,5	40,5
42,0	32,4	47,5	36,7	53,0	40,9
42,5	32,8	48,0	37,1	53,5	41,3
43,0	33,2	48,5	37,4	54,0	41,7
43,5	33,6	49,0	37,8	54,5	42,1
44,0	34,0	49,5	38,2	55,0	42,5
44,5	34,4	50,0	38,6		
45,0	34,7	50,5	39,0		

**Tabla II: Tablas de tamaños dentarios de Bolton para la proporción anterior.**

Una vez tengamos el *valor ideal* del tamaño de los 6 dientes anteriores inferiores, se lo restaremos al *valor real* de los mismos para obtener los milímetros de exceso de material dentario mandibular que tenemos, como observamos en la parte izquierda de la **Tabla III**.

Relación Anterior >77,2%	Relación Anterior <77,2%
Max.6 Real...corresponde...Mand.6 Ideal	Mand.6 Real...corresponde...Max.6 Ideal
..... - ..... = .....	..... - ..... = .....
Mand.6 Real Mand.6 Ideal Exceso Inf	Max.6 Real Max.6 Ideal Exceso Sup

**Tabla III: Localización de la alteración Índice de Bolton Anterior.**

- Si el Índice de Bolton Anterior es menor de 77,2% hay un exceso de material dentario superior. En este caso, sucederá lo contrario y debemos localizar mediante las listas de tamaños dentarios de Bolton en la **Tabla II**, que *valor ideal* le correspondería a los 6 dientes anteriores maxilares para el tamaño real de los seis dientes anteriores mandibulares.

Una vez tengamos el *valor ideal* del tamaño de los 6 dientes anteriores superiores, se lo restaremos al *valor real* de los mismos para obtener los milímetros de exceso de material dentario maxilar que tenemos, tal y como observamos la **Tabla III**.

### II.3.3- LOCALIZACIÓN ALTERACION I. BOLTON TOTAL.

Un Índice de Bolton Total debe de ser de 91,3% ± 1,91, indicando con ello una relación sobremordida-resalte ideal, siempre y cuando exista una angulación de los incisivos correcta y un grosor labiolingual de los bordes incisales no excesivo.

- Si el Índice de Bolton Total es mayor de 91,3%, la discrepancia se debe a un material dentario inferior excesivo. En este caso, deberemos localizar mediante las listas de Bolton de la **Tabla IV**, que *valor ideal* le correspondería a los 12 dientes anteriores mandibulares para el tamaño de los 12 dientes anteriores maxilares.

PROPORCIÓN TOTAL (mm)					
MAX 12	MAND 12	MAX 12	MAND 12	MAX 12	MAND 12
85	77,6	94	85,8	103	94,0
86	78,5	95	86,7	104	95,0
97	79,4	96	87,6	105	95,9
88	80,3	97	88,6	106	96,8
89	81,3	98	89,5	107	97,8
90	82,1	99	90,4	108	98,6
91	83,1	100	91,3	109	99,5
92	84,0	101	92,2	110	100,4
93	84,9	102	93,1		

**Tabla IV: Tablas de tamaños dentarios de Bolton para la proporción Total.**

Una vez tengamos el *valor ideal* del tamaño de los 12 dientes anteriores inferiores, se lo restaremos al *valor real* para obtener los milímetros de exceso mandibular que tenemos, tal y como observamos en la izquierda de la **Tabla V**.

Relación Anterior >77,2%	Relación Anterior <77,2%
Max.12Real...corresp...Mand.12Ideal	Mand.12Real...corresp...Max.12Ideal
..... - .....=.....	..... - .....=.....
Mand.12Real Mand.12Ideal Exceso Inf.	Max.12Real Max.12Ideal Exceso Sup

---

**Tabla V: Localización de la alteración Índice de Bolton Total**

- Si el Índice de Bolton Total es menor de 91,3%, la discrepancia se debe un exceso de material dentario superior. En este caso, sucederá lo contrario, deberemos localizar mediante las listas de tamaños dentarios de Bolton de la **Tabla IV**, que *valor ideal* le correspondería a los 12 dientes anteriores maxilares para el tamaño de los 12 dientes anteriores mandibulares.

Una vez tengamos el *valor ideal* del tamaño de los 12 dientes anteriores superiores, se lo restaremos al *valor real* de los mismos para obtener los milímetros de exceso maxilar que tenemos, como observamos a la derecha de la **Tabla V**.

### **II.3.4- RESULTADOS ÍNDICE DE BOLTON.**

Stifter en 1958 o Crosby y Alexander (1989), obtuvieron idénticos valores a los hallados por Bolton, posiblemente porque los individuos de su estudio presentaban oclusiones ideales.

Heusdens et al. (2000) detectaron los mismos valores para el Índice de Bolton Total pero distintos para el Índice de Bolton Anterior en su muestra, posiblemente por la variación que existía en los tamaños dentarios de los dientes anteriores.

Otros autores, han visto como los valores ideales de Bolton no se ajustaban a todas las razas, poblaciones o maloclusiones.

Lavelle et al. (1971) fueron los primeros en analizar el Índice de Bolton en diferentes razas: caucásica, negra y mongoloide, todos ellas con oclusiones ideales obteniendo un Índice de Bolton anterior mayor en la raza negra que en la caucásica y un valor intermedio en la raza mongoloide.

Posteriormente, Smith et al. (2000) afirmaron que los americanos de raza blanca tenían el Índice de Bolton total menor, seguidos de los americanos de raza hispana y negra. Sin embargo, el Índice anterior era mayor en hispanos, seguidos de la raza negra, por lo que concluyeron que deberían existir unos estándares específicos para cada raza, siendo los valores del Índice de Bolton apropiados exclusivamente para mujeres de raza blanca.

Johe et al. en 2010 analizaron el Índice de Bolton anterior y total en las mismas 3 poblaciones que Lavelle et al. (1971) concluyendo que no existían diferencias entre los americanos caucásicos, negros e hispanos, encontrando tan solo valores más altos en el Índice de Bolton Anterior en los afro-americanos.

En cuanto a las maloclusiones, Crosby y Alexander (1989) no encontraron relación entre el Índice de Bolton y las maloclusiones sobre población americana, aunque debemos tener en cuenta que los autores no incluyeron pacientes con Clase III, por lo tanto no podemos saber la relación de las alteraciones del Índice de Bolton con la Clase III. Posteriormente, González-Cuesta y Plasencia (1990) llegaron a las mismas conclusiones al analizar 490 modelos de población española incluyendo maloclusiones de todo tipo, al igual que Laino et al. (2003) en un estudio realizado en Italia.

Entre los años 2005 y 2006 fueron publicados tres estudios sobre población turca con iguales resultados: Uysal y Sari (2005), Basaran et al. (2006) y Akyalcin et al. (2006) analizando el Índice de Bolton Anterior y Total. Al-Khateeb y Abu Alhaija en 2006 estudiaron pacientes procedentes de Jordania, no encontrando diferencias ni en el Índice de Bolton Anterior ni en el Total, aunque los pacientes de Clase III mostraron una tendencia a tener dientes más grandes que en otras maloclusiones. Estos resultados coinciden con los de Endo et al. en 2008 sobre población japonesa.

Por último, igual que los dos autores anteriores, Lopatenieke y Dumbravaite en 2009 estudiaron una muestra de población lituana encontrando valores más altos para el

Índice de Bolton Anterior como Total en Clases III y más bajos en Clases II, aunque los resultados no eran estadísticamente significativos.

Sin embargo, otros autores sí hallaron resultados estadísticamente significativos al relacionar el Índice de Bolton entre las maloclusiones dentarias en sus diferentes estudios.

Autores como Alkofide y Hashim (2002), Fattahi et al. (2006) y Oktay y Ulukaya (2010) encontraron mayor discrepancia en el Índice de Bolton Anterior en las Clases III, en población saudí, iraní y turca respectivamente mientras que Lavelle et al. y Sperry et al. (1977) las encontraron en el Bolton Total. Lavelle et al. realizaron su estudio comparando tres etnias; asiática, europea y africana, mientras que Sperry et al. realizaron su trabajo sobre población estadounidense.

Otros estudios hallaron esta relación, no solo para las Clases III sino además para las Clases I como Fernandez-Riveiro et al. (1995) en población española, Araujo y Souki (2003) en población estadounidense, Strujic et al. (2009) en población croata o Wedrychowska et al. (2010) en población polaca, concluyendo que los pacientes con Clase I y III presentaban valores mayores para el Índice de Bolton que los pacientes de Clase II, no siendo los resultados estadísticamente significativos en el primer estudio.

Si analizamos los trabajos sobre población china, encontramos los trabajos de Nie y Lin (1999) y Ta et al. (2001) quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas en el Índice de Bolton para las Clases II y III. Resultados que coinciden con el estudio de O'Mahony et al. (2011) sobre población irlandesa, pero tan solo para el

Índice de Bolton Total al igual que Ta et al. y a diferencia de Nie y Lin quienes las encontraron para ambos Índices.

Tan solo hemos encontrado un trabajo que relaciona las alteraciones del Índice de Bolton exclusivamente con las Clase II y es el de Batool et al. (2008).

### **II.3.5- CÁLCULOS.**

#### **II.3.5.1- DISCREPANCIA OSEODENTARIA.**

La discrepancia oseodentaria es la diferencia entre el espacio disponible para la ubicación de los dientes (longitud de arcada) y el espacio que necesitamos para ello (suma total del diámetro mesiodistal de los dientes).

Si la longitud de arcada es mayor que la suma de los diámetros de los dientes, existirá un espaciamiento con una discrepancia oseodentaria positiva, pero por el contrario, si es menor que la suma de los diámetros de los dientes, nos encontraremos ante un apiñamiento con una discrepancia oseodentaria negativa. A esto Carey (1949) le llamó deficiencia en la dimensión linear.

Según Proffit (1994), está basado en dos suposiciones importantes, que la posición anteroposterior de los incisivos es la correcta, sin existir protrusiones ni retrusiones; y que el espacio disponible no variará con el crecimiento.

### **II.3.5.2- DIFERENCIAS ARCADAS DENTARIAS.**

Sirven para comparar la forma de la arcada superior e inferior de cada paciente.

#### **II.3.5.2.1- DIFERENCIAS ANCHURA INTERCANINA Y INTERMOLAR.**

Según los resultado obtenidos por Lanuza (1990), las mayores diferencias en la anchura entre la arcada superior e inferior, se apreciaron a nivel de los caninos (4,79mm) y las menores a nivel de los segundos premolares (0,25 mm).

Paulino (2009) no encontró diferencias estadísticamente significativas entre sexos ni grupos de edad para la anchura intercanina, sí para la intermolar entre jóvenes y adultos para las mujeres.

#### **II.3.5.2.2- DIFERENCIAS LONGITUD DE LA ARCADA.**

Según los resultados obtenidos por Lanuza (1990), las diferencias eran mucho mayores en la longitud de arcada a nivel anterior, es decir entre los incisivo centrales y caninos que a nivel posterior.

Paulino (2009) analizó la diferencia entre sexos y 3 grupos de edad: adolescentes, jóvenes y adultos, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre los 3 grupos de edad en el sexo masculino y entre adolescentes y adultos en el femenino.

#### **II.3.5.2.3- COCIENTE ANCHURAS ARCADAS DENTARIAS.**

Harris (1980) y Lanuza (1990) en estudios realizados sobre modelos de estudio, introdujeron un nuevo cálculo al que denominaron “cociente de las anchuras superior e inferior de las arcadas”. Es una manera de valorar la forma de la arcada del paciente. Consiste en hallar el cociente entre la anchura intercanina y la anchura intermolar intraarcada por 100, tanto para la arcada superior como para la inferior.

Los resultados de los cocientes de las anchuras de las arcadas según Lanuza (1990), eran de 70,55% para la arcada superior y de 59,44% para la arcada inferior.

Paulino (2009) encontró cocientes para la arcada superior de 64,48%-63,02% y de 48,32%-51,56% para la inferior, observando una tendencia general a disminuir con la edad y encontrando unos valores ligeramente superiores para las mujeres.

## **II.4- EVOLUCION EN LAS MEDICIONES DENTARIAS.**

### **II.4.1- MÉTODOS DIGITALES.**

Con la evolución de la fotografía, las medidas dentarias pasaron a realizarse sobre las fotografías de la arcada dentaria o sobre fotocopias del modelo de escayola del paciente (Speck, 1950).

Uno de los primeros artículos que aparecen en la literatura sobre la utilización de un programa informático para el análisis de los modelos de estudio fue el de Begole (1979 y 1981), quien propuso la medición de los tamaños dentarios, la longitud de arcada, las anchuras intercaninas y intermolares, así como el Índice de Bolton.

Rudge (1982), introdujo otro programa informático en el cual usaba un lector electrónico X-Y para ejecutar todas las medidas citadas con anterioridad.

Pero la mayor parte de los artículos que aparecen en la literatura, se refieren a estudios realizados sobre fotocopias de los propios modelos de estudio.

Paralelamente, Yen (1991), fue uno de los primeros autores en proponer la digitalización de las fotocopias de los modelos de estudio junto con la utilización de un programa informático de diseño propio que le permitía averiguar los tamaños mesiodistales de los dientes, la longitud de arcada, la discrepancia oseodentaria, así como las anchuras intercaninas y intermolares superiores e inferiores. En este trabajo, Yen, no realizó ninguna comparación con otro *Método* de medición ni aportó ningún dato estadístico.

Bennet y McLaughlin (1997), describieron la utilización de un programa informático que una vez los datos de los tamaños dentarios estaban introducidos, permitía hacer una serie de cálculos de manera automática como el Índice de Bolton y la discrepancia oseodentaria.

Proffit en 1994, afirmó que las imágenes fotocopiadas obtenidas eran fáciles de interpretar y muy exactas.

De Echave (2001), también basándose en un estudio comparativo entre la discrepancia oseodentaria de la arcada dentaria realizada sobre 20 fotocopias de los modelos y medida sobre los mismos 20 modelos de estudio de escayola, obtuvo resultados de gran fiabilidad aunque no eran compartidos por otros autores como Champagne (1992) y Schirmer y Wiltshire (1997).

Champagne realizó su estudio sobre 10 pacientes midiendo tan solo la anchura intercanina, intermolar y la longitud de arcada.

Schirmer y Wiltshire, basándose en un estudio sobre 20 pacientes afirmaron que el método de medición sobre fotocopias resultaba impreciso en ocasiones, debido a varias causas como: pasar una imagen de tres dimensiones a otra de dos, la forma de la curva de Spee, la estructura convexa de la arcada, la inclinación y posición de los dientes.

Con el gran desarrollo y la incorporación de la imagen digital ya sea con un escáner de sobremesa o con las cámaras digitales, son muchos los autores que digitalizan las imágenes de los modelos para realizar diversas medidas.

Con la llegada de los programas informáticos a las clínicas de Ortodoncia, aparecieron nuevos métodos de medida basados en el análisis digital en dos dimensiones (2D) de las imágenes obtenidas.

Rivero et al. (1998), propusieron la utilización del escáner convencional para la digitalización de los modelos de estudio para el posterior análisis del oclusograma, así como los tamaños dentarios, longitud de arcada e Índice de Bolton y su aplicación en el diagnóstico de los pacientes susceptibles de cirugía ortognática.

Carter y Mc Namara en el mismo año, utilizaron un *Método Digital* para la medición de la anchura, la profundidad y el perímetro de las arcadas dentarias y para poder evaluar los cambios longitudinales de las mismas.

Ho y Freer (1999) cambiaron los calibres tradicionales por calibres digitales tipo Mitutoyo® con el que incorporaban las mediciones directamente a una base de datos de un programa informático digital, que recibía el nombre de GATWD®.

El programa permitía de manera automática calcular índices de proporciones dentarias, hacer comparaciones con tablas predeterminadas, así como localizar asimetrías y la cantidad de material dentario existente tanto por exceso como por defecto. Aunque no lo comparó con ningún otro *Método* de medición.

Rhee y Nahm en el año 2000 utilizando estos mismos calibres digitales, realizaron en estudio sobre 69 pacientes, donde median los tamaños mesiodistales de los dientes tanto a nivel incisal como cervical y determinaban si existía alguna relación con el apiñamiento dentario.

Mok y Cooke, en el año 1998, efectuaron un trabajo comparativo sobre 47 modelos de estudio de escayola, utilizando por un lado un nuevo *Método Digital* para tratar los modelos digitalizados y por el otro el calibre digital para realizar las mediciones directamente sobre el modelo de escayola. Las conclusiones de este estudio fueron que el *Método Digital* era menos exacto que la utilización de los calibres.

Redmond (2001) introdujo un nuevo *Método Digital* para la medición de los tamaños dentarios y el cálculo de parámetros como el Índice de Bolton. Este nuevo sistema, se basaba en una captación de la imagen de los modelos de estudio en 3D, destruyendo los modelos a continuación.

Tomasseti et al (2001). ese mismo año realizaron sobre 22 modelos de estudio, uno de los primeros estudios comparativos entre tres *Métodos de medición Digitales* disponibles en el mercado y ampliamente utilizados sobre todo en Estados Unidos, Nemoceph®, Orthocad® y el sistema HATS®, con el *Método Tradicional* de medición dentaria con un calibre. Las conclusiones fueron que los *Métodos Digitales* eran mucho más rápidos de ejecutar pero debían ser aun perfeccionados. Ellos utilizaron estos *Métodos Digitales* para el cálculo del Índice de Bolton Anterior y Total.

Unos ortodoncistas italianos, Garino y Garino (2002), efectuaron sobre 40 un nuevo trabajo comparativo entre el *Método Digital Orthocad*® para la medición dentaria y el *Método Tradicional*, concluyendo que el *Método Digital* era más sensible y exacto, además de presentar la ventaja de solucionar el problema del almacenamiento físico de los modelos de escayola, conclusiones idénticas a las de Zilberman et al. (2003), sobre 20 modelos creados de manera artificial especialmente para su estudio.

Otro trabajo realizado sobre 53 pacientes en el año 2002 por McKeown et al., propusieron la utilización de la fotografía digital junto a un programa informático para medir los tamaños dentarios. En este estudio en 2D, los modelos eran montados sobre una superficie plana y las imágenes eran captadas individualmente por su superficie vestibular y oclusal por una cámara digital colocada paralelamente a dicha superficie. Una vez las imágenes quedaban introducidas en el programa, se realizaban una serie de mediciones como el perímetro y área de la arcada dentaria, así como el máximo diámetro mesiodistal, bucolingual y oclusogingival de cada diente.

En este mismo año 2002, Sandler et al. explicaron las ventajas e inconvenientes de la utilización de la radiografía y la fotografía digital, así como la última incorporación; los modelos de estudio digitales.

Posteriormente, Paredes, Gandia y Cibrián en el año 2003 demostraron la exactitud, fiabilidad, rapidez y sencillez de un nuevo *Método Digital*, diseñado en la Universidad de Valencia propuesto para la medición de los tamaños dentarios comparándolo con el *Método de medición Tradicional*.

Además de estos estudios para la medición de los tamaños dentarios así como el cálculo del Índice de Bolton, otros autores utilizaron estos *Métodos Digitales* para el cálculo de otra serie de parámetros como el Índice de Little.

Tran et al. en 2003, realizaron un estudio comparativo entre la medición del Índice de Little con calibres tradicionales y con un *Método Digital*, afirmando que el *Método Digital* es una opción muy buena para esta medición.

Santoro et al. en 2003 compararon con 76 modelos de estudio el resalte, la sobremordida y el tamaño dentario, tanto con el *Método* de medición *Tradicional* como con un *Método Digital OrthoCAD*, no encontrando diferencias.

Sin embargo, Quimby et al. compararon ambos métodos en 2004 con un modelo de plástico considerado el estándar de oro (Dentoform) encontrando diferencias en las medidas del espacio disponible entre el estándar y el *Método Digital OrthoCAD*.

Costalos et al. en 2005 realizaron el primer estudio para analizar si era posible utilizar modelos digitales para el sistema de puntuación del American Board of Orthodontics (ABO), concluyendo que los modelos digitales podrían ser aceptados para el ABO. Mayers et al. (2005) obtuvieron las mismas conclusiones pero analizando el Índice PAR (Peer Assessment Rating) para valorar el grado inicial de maloclusión, y los resultados del tratamiento.

Rheude et al. (2005) compararon el diagnóstico y plan de tratamiento realizado mediante ambos *Métodos*, concluyendo que la gran mayoría de casos fueron

diagnosticados y tratados de la misma forma. Whetten et al. en 2006 realizaron el mismo estudio comparativo pero solo en pacientes con clase II, obteniendo el mismo resultado.

Stevens et al. (2006) y Mullen et al. (2007) realizaron estudios comparativos para valorar el Índice de Bolton en modelos, concluyendo que el *Método Digital GeoDigm* era igual de preciso que el *Método de medición Tradicional*.

Paredes en 2006 analizó el Índice de Bolton mediante el *Método Digital* y el *Tradicional*, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre ambos.

Asquith et al. (2007) escanearon 10 modelos de estudio con un escáner láser obteniendo modelos digitales y analizó 11 medidas dentarias encontrando que las diferencias eran menores a 0.5mm y por tanto ambos métodos eran reproducibles.

Gracco et al. (2007) obtuvieron los mismos resultados pero obteniendo los modelos digitales a partir de un programa desarrollado por la Universidad de Padova (Italia).

Existen otros *Métodos Digitales* que utilizan sensores holográficos para obtener los modelos digitales, como el descrito por Redlich et al. (2008), Teledent<sup>®</sup>, obteniendo los mismos resultados en las medidas dentales que de manera manual.

Goonewardene et al. (2008) y Leifert et al. (2009) realizaron estudios comparativos similares con el *Método de medición Tradicional* y con un *Método Digital (OrthoCAD<sup>®</sup>)*, analizando medidas dentarias, sin encontrar diferencias entre ambos métodos, al igual que El-Zanaty et al. en 2010, en un trabajo sobre modelos de estudio compararon las

medidas dentales analizadas con el método manual y con un *Método Digital* Biodent®, no encontrando diferencias estadísticamente significativas.

En cambio, Naidu et al. (2009) realizaron la misma comparación entre Métodos pero analizando el índice de Bolton y añadiendo fotografías de los modelos, encontrando que ambos métodos son aceptables pero el *Método Digital* tiene mayor precisión que las fotografías.

Mangiacapra et al. (2009) y Watanabe-Kanno et al. (2009,2010) analizaron ambos métodos comparando diversas medidas dentarias, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos.

Horton et al. en 2010, compararon las diferentes técnicas de medir la anchura mesiodistal de los dientes en 32 modelos digitales. La mejor técnica fue aquella en la que medían los modelos desde la cara oclusal. Otras como aumentar el tamaño en cada diente, o rotarlo en cualquiera de sus caras eran menos precisas y más lentas.

Pilli et al. en 2010 utilizaron un *Método Digital* para calcular el índice de Bolton en la población brasileña encontrando una diferencia significativa en el Bolton Anterior respecto a las medidas descritas por Bolton.

Bootvong et al. (2010) compararon en 80 modelos el resalte, sobremordida, anchura bicanina, bimolar y discrepancia, sugiriendo los resultados que el *Método Digital* es tan válido como el *Tradicional*.

Sjögren et al. (2010) realizaron el primer análisis de medidas angulares en modelos digitales, observando que la reproducibilidad obtenida es suficiente para su uso clínico.

Hoy en día, existen muchos programas informáticos con la opción de digitalizar los modelos de estudio para realizar las mediciones de los tamaños de los dientes sobre las imágenes obtenidas de manera precisa y más rápida. Una vez los datos quedan introducidos, es posible realizar todos los cálculos deseados.

Muchos de ellos, solicitan al profesional el envío de las impresiones o los modelos de estudio del paciente, siendo la propia empresa, la encargada de la digitalización de los mismos con su posterior destrucción y la remisión por consiguiente de las imágenes obtenidas, evitando de esta manera al profesional el almacenamiento físico de modelos. Existe la posibilidad de reproducir la imagen digital del modelo a diferentes materiales como la escayola, el acrílico u otros materiales.

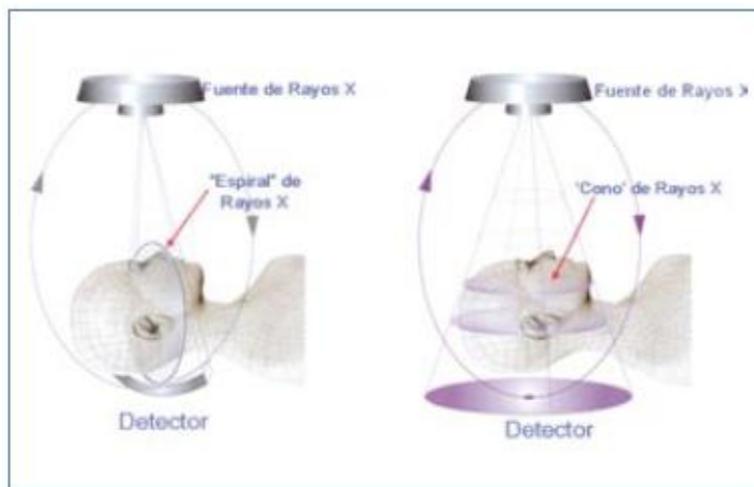
#### II.4.2- MÉTODOS TRIDIMENSIONALES (CBCT)

Con la aparición de nuevas tecnologías, el diagnóstico ortodóncico hasta ahora basado en 2 dimensiones, pasa a ser en 3 dimensiones (3D) obtenido a partir de la tomografía computerizada de haz cónico (CBCT). Su aplicación clínica a la imagen craneofacial en 3D es una de las materias más interesantes y más novedosas actualmente en Odontología. Para ello, es necesario comparar la transición de una imagen 2D a una 3D, para validar su fiabilidad y reproducibilidad.

El CBCT emplea un ánodo de baja energía dentro de un tubo fijo, empleando un haz de rayos en forma de cono para capturar la imagen y obtiene un volumen de datos cilíndrico o esférico descrito como *FOV* (field of view). El tamaño del FOV es variable, escáneres CBCT de gran volumen (por ejemplo, i-CAT) son capaces de capturar el cráneo completo. Algunos escáneres CBCT también permiten ajustar la altura del FOV cilíndrico para capturar sólo una zona, reduciendo la dosis de radiación. Los escáneres CBCT de limitado volumen pueden capturar un volumen de datos de 40 mm de alto por 40 mm de diámetro, similar a la anchura y altura de la radiografía convencional periapical. Los tiempos de adquisición con CBCT varían entre 10 y 40 s en función del tipo de escáner usado y de los parámetros de exposición seleccionados.

Estudios como el de Lofthag-Hansen et al. (2010) recomiendan individualizar en cada caso y para cada propósito el FOV, ya que reducimos el tiempo de escaneado, la radiación y el movimiento del paciente durante la captación.

El volumen tridimensional de los datos es adquirido en el curso de un solo barrido del escáner, usando una simple y directa relación entre sensor 2D y fuente de radiación que rotan sincrónicamente alrededor de la cabeza del paciente (**Figura 1**). Dependiendo del tipo de escáner utilizado, el tubo de rayos X y los detectores rotan de 194º a 360º, tomando en cada grado una o dos imágenes alrededor de la cabeza del paciente. La mayoría escanean la cabeza del paciente sentado o de pie (**Figura 2**).



**Figura 1. Adquisición de la imagen en el TAC (Izda.) y en el CBCT (Dcha.).**

La proyección será ortogonal, indicando que los haces de rayos X son paralelos entre sí. Se pueden realizar mediciones a escala 1:1 ya que el objeto se encuentra cercano al sensor, produciéndose muy poco efecto de error de proyección (Cattaneo y Melsen, 2008).

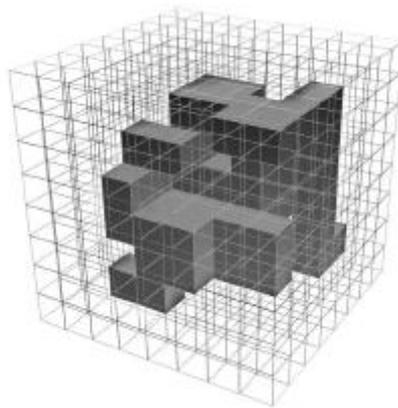


***Figura 2: CBCT con exploración del paciente sentado (izq.) y de pie (dcha.).***

Al igual que el CT, el CBCT reproduce distintas imágenes a partir de un escaneo, es decir es un registro dinámico. Además, se ha conseguido reducir la dosis efectiva de radiación absorbida por los pacientes y menor tiempo de exposición respecto al CT (Miles 2008).

#### II.4.2.1- PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Las imágenes 3D están constituidas por vóxeles (**Figura 3**) en lugar de píxeles que son los que determinan las imágenes digitales 2D, esto significa que el píxel tendrá un tercer lado.



**Figura 3. Volumen compuesto por vóxeles.**

En el TC los vóxeles son anisotrópicos (no idénticos en todos los planos), la altura del voxel depende del grosor del haz de T C (grosor del corte), lo que limita la precisión de imágenes reconstruidas en determinados planos (por ejemplo, en el sagital) puesto que depende de la distancia entre dichos cortes (gap) programada en la adquisición. Pero con los datos CBCT, los voxeles son isotrópicos, (iguales en longitud, altura y profundidad), lo que permite unas mediciones geométricamente precisas para los datos de CBCT en cualquier plano (Scarfe et al. 2006).

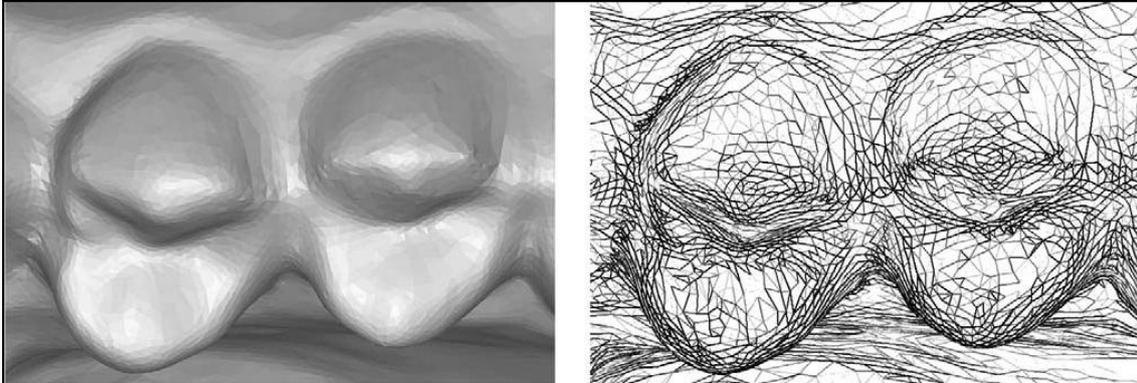
Cada pixel de las imágenes que obtenemos del escaneado representa un valor de radiación atenuada, que se mide en unidades Hounsfield (HU). El valor cero equivale al valor de la radiación de atenuación del agua, y el -1000HU al valor del aire. La escala HO empieza en -1000 y finaliza en 3000, siendo los números enteros de ese rango los que se emplean para expresar la información de la imagen.

Los datos se almacenan en un formato creado por la asociación Nacional de fabricantes Eléctricos: denominado *dicom* (digital imaging and communications in medicine), que permite a los usuarios intercambiar las imágenes aunque provengan de diferentes aparatos.

#### **II.4.2.2- RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES: SEGMENTACIÓN.**

Para poder obtener las imágenes del escaneado es necesario segmentarlas, ya que como hemos explicado todas ellas se visualizarán en 4000 niveles de grises no siendo identificables por el ojo humano. Una unidad de visualización las visualiza en 256 niveles. Para poder obtener los datos que nos interesen será necesario hacer una segmentación de las imágenes para que separe que vóxeles pertenecen a cada estructura (Halazonetis 2005). Una vez que se ha decidido qué vóxeles se quieren visualizar, se debe encontrar el modo de poder dibujarlos en la pantalla. Para ello, cada objeto tridimensional, en este caso cada diente es dividido en triángulo o cuadrados, y son representados por las coordenadas de sus vértices. A esto se le denomina *gráfico de vectores (Figura 4)*. Para poder ayudar al usuario a entender todo esto es necesario

disponer de un sistema asistido por ordenador donde pueda ser sumada de forma efectiva la información de las imágenes.



**Figura 4. Gráfico de vectores compuesto por múltiples triángulos.**

La secuencia de procesamiento de la imagen es convertir las imágenes desde el formato *DICOM* a un formato que permita la segmentación de las estructuras. Después de la segmentación será posible la interpretación gráfica en 3D del objeto volumétrico y permitirá la navegación entre vóxeles de la imagen volumétrica y de los gráficos 3D mediante el zoom, la rotación y el enfoque. (Cevidanes et al. 2006)

Los cortes tomográficos son tan gruesos como el grosor de un vóxel y pueden verse en distintas formas. Una opción es ver las imágenes en los tres planos ortogonales: axial, sagital y coronal en una única pantalla, permitiendo al clínico una visión tridimensional real del área de interés (**Figura 5**). Seleccionando y moviendo el cursor en la imagen se alteran simultáneamente los cortes en los otros planos reconstruidos permitiendo el cambio dinámico en tiempo real para ver el área de interés. Pero para ello será

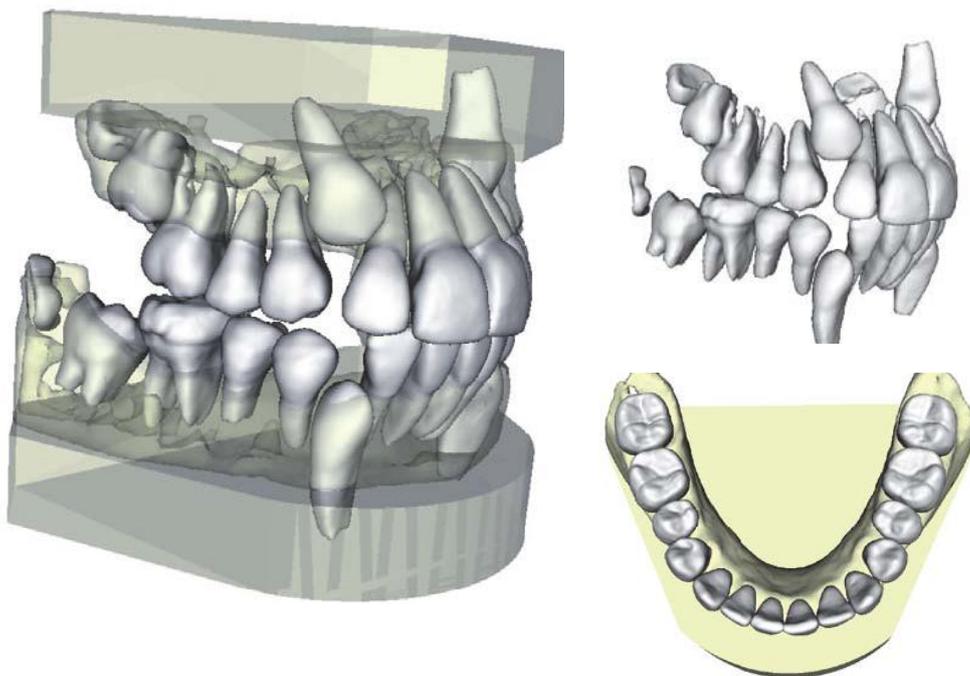
imprescindible un programa informático capaz de ayudar al usuario a entender todos los datos que se obtienen.



**Figura 5: Pantalla de navegación con imagen axial (arriba, izq.), sagital (arriba, dcha), coronal (abajo, izq.) y tridimensional (abajo, dcha.)**

Una vez visualizado el CBCT del paciente podemos mandarlo de forma segura a través de la página web de la compañía Anatomage® para obtener los modelos tridimensionales que requieren segmentar las imágenes obtenidas en estructuras anatómicas individuales y permite que los datos sean transformados de una manera que no es posible con los datos DICOM en bruto. Por ejemplo, cada arcada dental puede separarse del resto de los datos del escáner y visualizarse desde una perspectiva oclusal, incluso si la exploración hubiese sido realizada con el paciente en oclusión completa. Más aún, el hueso alveolar se puede remover virtualmente para

visualizar los dientes por separado (**Figura 6**). Esto es especialmente útil en pacientes con dentición mixta y en los casos en los que existen inclusiones. Ya que los dientes modelados pueden moverse individualmente hasta la orientación y las posiciones finales deseadas, el proceso de segmentación facilita los *set up* virtuales y las simulaciones dinámicas de tratamiento. La anatomía esquelética puede también segmentarse y procesarse para crear planes 3D de tratamiento virtual para cirugía ortognática. A medida que la tecnología se desarrolle, el plan de tratamiento ortodóncico basado en CBCT podrá ser integrado en el diseño de dispositivos terapéuticos, como férulas para cementados indirectos y guías quirúrgicas para cirugía ortognática.



**Figura 6. Modelos tridimensionales segmentados. Visualización con o sin hueso alveolar.**

#### II.4.2.3- VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CBCT FRENTE AL MÉTODO DIGITAL

La calidad de las imágenes obtenidas del CBCT son de mejor calidad que las obtenidas por cualquier programa digital, además presenta una serie de ventajas y aplicaciones que no podemos obtener con ninguna herramienta diagnóstica.

Las imágenes obtenidas del CBCT son dinámicas pudiendo mover los dientes en cualquier dirección, y seleccionar cada uno de ellos para medirlos de forma independiente en el caso que existiera mucho apiñamiento que no nos permitiera realizar las mediciones de manera correcta.

De igual forma, en casos de pacientes con dientes incluidos podremos medir el tamaño mesiodistal del mismo, sin tener que medir el diente contralateral, tal y como hacíamos con el *Método Digital*.

Otra de las ventajas del *Método Tridimensional* es que nos permite almacenar los modelos tridimensionales en formato *dicom*, y poder compartirlos con otros profesionales a través de Internet, o mostrarlas al paciente para ayudarle a entender su plan de tratamiento. De esta forma, existiría la posibilidad de no realizar los modelos tradicionales de escayola que suponen un coste y un problema de almacenamiento físico al cabo del tiempo.

La última y principal ventaja para los pacientes sería reunir con una solo herramienta diagnóstica los datos necesarios para un correcto diagnóstico ortodóncicos, ya que del CBCT podemos obtener además de los modelos tridimensionales, la

ortopantomografía, la telerradiografía lateral de cráneo y la telerradiografía frontal de cráneo, que son los registros habitualmente empleados. Además de obtener infinitas imágenes que nos pueden servir también de utilidad como las de las vías aéreas o las de la articulación temporomandibular.

A pesar de las múltiples ventajas, el *Método Tridimensional* también tiene ciertas limitaciones.

La primera y principal limitación es la dosis efectiva. Esta dosis se calcula midiendo la dosis de radiación de cada órgano específico, ajustando la cantidad de tejido que hay en el campo de visión (FOV), en base a la sensibilidad de cada órgano. Se expresa en Sieverts (Sv).

Las dosis efectivas de los escáneres CBCT varían en función de factores como el FOV, pudiendo ser casi tan bajas como una panorámica y considerablemente menores que un escáner TC médico. El haz está más enfocado y la radiación menos dispersa. La radiación total equivaldría a un 20% de TC convencional y a una exposición radiográfica de una serie periapical completa. Como podría esperarse, los escáneres de volumen limitado que son específicamente diseñados para capturar información de una zona pequeña de maxilar o mandíbula liberan una dosis efectiva menor ya que la zona irradiada es menor (Lenguas et al. 2010).

Diversos estudios han comparado las dosis radiación que emiten los CBCT.

El primer artículo encontrado en la literatura que compara la radiación del CBCT con otras herramientas ortodóncicos necesarias para el diagnóstico clínico es el de Gibbs (2000), quien concluyó que en algunos pacientes ortodóncicos donde es necesario realizar varias pruebas como la ortopantomografía, la telerradiografía lateral de cráneo, la resonancia magnética para la articulación temporomandibular, series periapicales...etc., la suma de todas ellas será superior a la del CBCT.

Más tarde, Silva et al. (2008) compararon las dosis de radiación de la ortopantomografía, la telerradiografía lateral de cráneo con el CBCT y un TC convencional, concluyendo que la radiografía convencional era la que menos dosis emitía, seguida del CBCT y por último el TC. Entre varios escáneres CBCT, el I-CAT era el que más dosis emitía.

Existen varios estudios que comparan la dosis emitida por el TC convencional y el CBCT como los de Loubele et al., Roberts et al. y Chau y Fung, todos ellos en 2009 que concluyeron que el CBCT emitía menor radiación que el TC.

Martin Palomo et al (2008) en un estudio acerca de la influencia de la radiación del CBCT en diferentes condiciones, determinaron que se podía reducir la radiación del CBCT conociendo al máximo sus posibilidades y ajustando en cada caso el FOV, y su potencia.

Estudios publicados de estimación de riesgo de radiación se realizan en la mayoría de los casos sobre adultos o adultos jóvenes y se estiman en el caso de los niños. Por tanto, debemos prestar atención en el caso que tengamos que realizar un CBCT a un paciente, y

en los niños especialmente ya que son más susceptibles a los efectos de la radiación. Esto tiene especial interés en la ortodoncia puesto que la mayoría de los pacientes son niños. La decisión de realizar un CBCT a un niño se ha de llevar a cabo, por tanto, siguiendo los criterios de conseguir la mayor información necesaria para obtener un diagnóstico adecuado. (Roberts et al. 2009).

A pesar de todo, y teniendo en cuenta la exactitud de reproducción documentada ya por algunos autores y la disminución de dosis de radiación comparativamente con la TC, el CBCT es una herramienta de gran potencial en odontología, que obliga a conocer sus aplicaciones en este campo y las ventajas e inconvenientes en relación a las técnicas convencionales hasta ahora habituales.

Otros de los inconvenientes que presenta el Método Tridimensional es su coste. El precio de un CBCT sigue siendo mayor al de una radiografía convencional pero menor en el caso de necesitar varias pruebas diagnósticas. Además, es necesario un programa informático, en este caso el InVivoDental® para poder disponer de algunas herramientas que no están disponibles en los programas de visualización que van incluidos con el CBCT del paciente. En el caso que sea necesario segmentar el CBCT para obtener los modelos tridimensionales también tendrá un coste adicional por cada uno de ellos.

También habrá que tener en cuenta los artefactos en las imágenes de las estructuras dentales con el CBCT son frecuentes. Las restauraciones metálicas crean artefactos por ruido en las imágenes obtenidas en un escáner de CBCT. Este hecho puede afectar a la

creación de modelos tridimensionales de precisión, especialmente en pacientes con restauraciones múltiples. Normalmente, las coronas suelen resultar más afectadas que las raíces. Si bien no se necesita tomar impresiones para crear los modelos virtuales, en estos casos es necesario para evitar los artefactos producidos en las imágenes por la presencia de restauraciones metálicas. Así se integra la información del modelo de escayola en el escáner. De esta manera, la anatomía de las coronas se obtiene por la impresión, mientras que las raíces y la anatomía ósea proceden del escaneado CBCT.

También el movimiento del paciente disminuye la agudeza y la definición de las estructuras.

#### **II.4.2.4- ESTUDIOS PREVIOS DE FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL CBCT PARA MEDIDAS LINEALES.**

Para ello y previamente se entiende que la fiabilidad en la investigación científica se da cuando una operación o resultado es merecedor de confianza, porque es correcto o se ajusta a la realidad (Sierra, 1991). La reproducibilidad se refiere a la capacidad de una prueba, experimento o en este caso instrumento de dar los mismos resultados en diferentes mediciones realizadas en las mismas condiciones por otros investigadores de forma independiente.

Son numerosos los estudios que comparan las medidas lineales craneofaciales.

Hilgers et al. en 2005 analizaron 25 cráneos en los que comparó medidas lineales en la articulación temporomandibular medidos sobre CBCT y de forma manual, encontrando medidas lineales igualmente precisas.

Moshiri et al. (2007) compararon la fiabilidad de las medidas lineales obtenidas a partir imágenes en 2D obtenidas con el CBCT y a partir de radiografías laterales de cráneo digitalizadas concluyendo que la mayor parte de las medidas lineales en el plano sagital simulando proyecciones cefalométricas laterales en 2D obtenidas con el CBCT, por cualquier método, eran más fiables que las obtenidas a partir de la radiografía convencional.

Kumar et al. (2008) compararon en 31 pacientes, 12 medidas lineales y 5 angulares de las proyecciones ortogonales y en perspectiva lateral obtenidas a partir de un CBCT (NewTom 3G) con las realizadas mediante radiografías convencionales, concluyendo que ya que las medidas realizadas en las proyecciones de CBCT eran similares a las realizadas en la radiografía lateral ( $P > .01$ ), no era necesaria la realización adicional de radiografías laterales convencionales en los pacientes a los que se les había pedido un CBCT como herramienta diagnóstica.

También Cattaneo et al. (2008) realizaron la misma comparación sobre 34 pacientes, realizando el análisis de Bjork, concluyendo que se podía realizar de la misma manera sobre la telerradiografía lateral de cráneo y sobre dos diferentes proyecciones del CBCT.

Periago et al. en 2008 al evaluaron medidas lineales sobre 23 cráneos encontró diferencias significativas entre las analizadas en el CBCT y las realizadas de forma manual, siendo estas diferencias menores a  $1.13\pm 1.47\%$  y suficientemente precisas para realizar análisis craneofaciales.

Hassan et al. en 2008 y Berco et al. en 2009 evaluaron la precisión de las medidas lineales obtenidas con el CBCT comparadas con radiografía convencional, no encontrando diferencias significativas ni siquiera con pequeñas variaciones en la postura de la cabeza del paciente. Además Berco et al. y Brown et al. en 2009 evaluaron la precisión de las medidas lineales con el CBCT en cráneos, no encontrando diferencias con las medidas realizadas directamente sobre éstos.

Lamichane et al. (2009) compararon la reproducibilidad de las medidas lineales del CBCT con las telerradiografías laterales y frontales, no encontrando diferencias estadísticamente significativas sobre un fantoma.

Sin embargo, en estudios sobre cráneos, Van Vlijmen et al. (2009) realizaron cuatro estudios, analizando medidas lineales y angulares sobre telerradiografías laterales y frontal con CBCT, concluyendo que existe mayor reproducibilidad en las mediciones realizadas sobre las proyecciones 2D y 3D del CBCT respecto a la telerradiografía lateral de cráneo, y no así la proyección frontal del CBCT en la que encontraron influencia en el posicionamiento del paciente en el equipo a la hora de generar proyecciones 2D.

Yin et al. (2011) analizaron la fiabilidad del CBCT respecto a la radiografía convencional en prototipos para la colocación de implantes, obteniendo que el CBCT no producía magnificación y era más fiable que la radiografía convencional para la planificación de implantes

Gribel et al. (2011) analizaron diversas medidas craneales en CBCT, radiografía lateral de cráneo y sobre el propio cráneo, concluyendo que no existían diferencias estadísticamente significativas.

Centrando nuestra atención en las medidas dentarias, ya en 2007 Montoto et al. compararon alguna de ellas entre modelos de estudio, fotografías intraorales y tomografía computerizada (TC), no encontrando diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto a los estudios realizados sobre medidas dentarias en prototipos, Lagraverre et al. en 2008 evaluaron la precisión lineal y angular con 10 marcadores en un prototipo de mandíbula respecto a medidas con una máquina de medición coordinada (el estándar de oro), encontrando errores menores a 1mm o 1°.

Ballrick et al. en 2008 también utilizando un prototipo con marcadores de 0,3mm de diámetro y separados 5mm, situados en los 3 planos del espacio evaluaron la precisión del CBCT (I-CAT), comparándolas con mediciones realizadas de forma manual 3 veces y las diferencias fueron  $< 0,1\text{mm}$ .

Baumgaertel et al. en 2009 analizaron 10 medidas dentales en 30 mandíbulas, encontraron que las medidas con el CBCT son ligeramente menores que con el pie de rey, de manera que el error será significativo si sumamos varias medidas, por ejemplo para medir la discrepancia oseodentaria en la que sumamos los diámetros de varios dientes.

Posteriormente, Damstra et al. en 2010 analizaron la precisión de las medidas lineales sobre las superficies oclusales en 10 mandíbulas con marcadores de vidrio, comparándolas con las mediciones manuales, concluyendo que son igual de fiables y aun siendo el tamaño del voxel menor (más precisión).

Liu Yi et al. en 2010 midieron el volumen de 24 premolares extraídos, mediante la técnica de inmersión de agua y mediante CBCT, encontrando resultados contradictorios entre los observadores. Sin embargo, Maret et al. (2010) realizaron un estudio similar pero comparando el CBCT con TC, obteniendo resultados similares.

Sherrard et al. en 2010 compararon la longitud radicular y del diente entre radiografías periapicales y CBCT, no encontrando diferencias.

Al-Rawi et al. (2010) compararon los tamaños mesiodistales de dientes mediante el CBCT y el TC, concluyendo que el CBCT era lo suficientemente preciso para su aplicación clínica.

Alqerban et al. en 2011 compararon el tamaño mesiodistal y la inclinación de caninos incluidos mediante el CBCT y la ortopantomografía, concluyendo que el CBCT era

mucho más preciso. Hoffman et al. (2011) realizaron un estudio similar pero comparándolo con CT, y siendo el CBCT menos preciso.

Hassan et al. (2010) segmentaron 25 CBCT de pacientes realizados con diferentes FOV para determinar la calidad de los modelos tridimensionales obtenidos. Aquellos modelos realizados con un FOV pequeño o medio, con una resolución de vóxel de 0.3-0.4 mm y realizados con el paciente con la boca abierta durante el escaneado, eran los de mejor calidad.

El único estudio publicado en la literatura en que analizaron medidas dentarias mediante CBCT y un método Digital, en este caso el OrthoCad es el de Kau HC et al. en el 2010. Las medidas analizadas fueron: el índice de Little, resalte, y sobremordida y no se encontraron diferencias en los resultados entre los dos métodos ni entre los observadores.

Ritter et al. (2011) realizaron un análisis similar pero analizando la precisión de los modelos tridimensionales para su uso en implantología. Compararon los modelos digitales obtenidos mediante el sistema CEREC, y modelos tridimensionales obtenidos a partir del CBCT, concluyendo que eran igual de precisos para la planificación de implantes.

Como hemos visto, son pocos los estudios publicados que analizan la fiabilidad de los modelos tridimensionales para la realización del análisis dentario.

El *Método Tridimensional* que se propone en este trabajo, pretende, comprobar su reproducibilidad para la medición de tamaños dentarios, y medidas de las arcadas dentarias.

### **III. OBJETIVOS**

Los objetivos que nos hemos planteado en este trabajo son los que se enumeran a continuación:

1. Desarrollar un Método de Medición sobre los modelos de estudio obtenidos a partir del CBCT para determinar las dimensiones de todos los dientes, así como realizar otras mediciones como la anchura intercanina, intermolar y la longitud de arcada.
2. Comparar el Método de Medición sobre el CBCT con un Método Digital usando los modelos de escayola digitalizados.
3. Determinar la fiabilidad y reproducibilidad de este Método propuesto.
4. Obtener y comparar la discrepancia oseodentaria, el Índice de Bolton, la diferencia de longitud en la arcada, en la anchura intercanina e intermolar en ambas arcadas, así como el cociente de anchura con cada uno de los Métodos.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### IV.1- TIPO DE DATOS DE LA MUESTRA

La muestra del presente estudio fue constituida por 50 individuos de ambos sexos, siendo todos ellos residentes en la Comunidad Valenciana.

De cada individuo se registró su nombre y apellidos, y fecha de nacimiento.

Todos procedían de la clínica del Máster de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de Valencia y eran susceptibles de recibir tratamiento de Ortodoncia.

La distribución por sexo fue de 27 mujeres y 23 hombres, con una edad decimal media de 30,22 años (rango 10,6-58,75 años) similar entre ambos sexos como muestra la

**Tabla I.**

	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
MEDIA	30,22 Años	25,9 Años	33,9 Años
RANGO	10,6-58,75 Años	10,6-55,2 Años	11,6-58,75 Años

**Tabla I: Distribución del sexo de los pacientes del estudio.**

Los pacientes incluidos en el estudio fueron aquellos que por las siguientes razones fue necesario realizarles un CBCT para completar su diagnóstico:

- Pacientes que se iban a someter a cirugía ortognática.
- Pacientes con dientes incluidos.
- Pacientes remitidos de otros departamentos para realizar tratamientos ortodóncicos previos.

#### **IV.1.1- MEDIDAS DIRECTAS**

Son todas aquellas medidas que se obtuvieron al hacer mediciones directamente sobre las imágenes dentarias obtenidas con el programa digital, y mediante el software de las imágenes digitales volumétricas obtenidas a partir del CBCT. La realización de estas medidas diferirá entre el *Método Digital* y el *Método Tridimensional*, por lo que indicaremos la forma específica de obtención en cada caso.

- **Tamaños dentarios (TD).**
  
- **Dimensiones de las arcadas dentarias.**
  - *Distancia Intercanina Superior (DICS) e Inferior (DICI).*
  - *Distancia Intermolar Superior (DIMS) e Inferior (DIMI).*
  - *Longitudes de arcada superior (LAS) e Inferior (LAI).*

#### **IV.1.2- MEDIDAS INDIRECTAS.**

Una vez analizadas todas las medidas anteriores obtuvimos las siguientes mediciones o cálculos.

- Índice de Bolton Anterior y Total.
- Discrepancia oseodentaria.
- Diferencias entre longitud de arcada.
- Diferencias entre la anchura intercanina.
- Diferencias entre anchura intermolar.
- Cociente entre la anchura posterior y la anterior de la arcada dentaria.

Las medidas indirectas se obtuvieron de la misma forma en ambos métodos, sin embargo el *Método Digital* nos lo calcula de forma automática.

A continuación detallaremos la forma de obtención de cada una de estas medidas.

##### **IV.1.2.1- Índice de Bolton Anterior y Total.**

El Índice de Bolton Anterior es el porcentaje que resulta de dividir la suma de todos los diámetros mesiodistales desde el canino de un lado al canino del otro lado en la arcada inferior entre la suma de todos los diámetros mesiodistales desde el canino de un lado al del otro lado en la arcada superior.

Mientras que el Índice de Bolton Total es el porcentaje que se calcula dividiendo la suma de todos los diámetros mesiodistales desde el primer molar de un lado al del

otro lado en la arcada inferior entre la suma de todos los diámetros mesiodistales desde el primer molar de un lado al del otro lado en la arcada superior.

#### **IV.1.2.2-Discrepancia oseodentaria.**

Las discrepancias oseodentarias miden la diferencia entre la longitud de arcada total y la suma de los diámetros mesiodistales de todos los dientes, tanto hacia el lado positivo como negativo. Este valor nos indicará la cantidad de espacio disponible en la arcada para albergar los dientes.

#### **IV.1.2.3- Diferencias arcadas dentarias**

Estas diferencias sirven para comparar la forma de la arcada superior e inferior de cada paciente.

De este modo, determinaremos varias diferencias que describimos a continuación.

##### **IV.1.2.3.1- Diferencias anchura intercanina.**

Se calculan restando la anchura intercanina de la arcada inferior a la anchura intercanina de la arcada superior.

De esta forma, logramos un único valor de la diferencia de la anchura intercanina de la arcada dentaria.

#### **IV.1.2.3.2- Diferencias anchura intermolar.**

Se hallan restando la anchura intermolar de la arcada inferior a la anchura intermolar de la arcada superior.

Por ello, obtenemos un solo valor de la diferencia de la anchura intermolar de la arcada dentaria.

#### **IV.1.2.3.3- Diferencias longitud de la arcada.**

Se obtienen restando a la longitud de la arcada superior, la longitud de la arcada inferior.

Por lo tanto, hallamos un único valor de la diferencia de la longitud de arcada.

#### **IV.1.2.3.4- Cociente anchuras arcadas dentarias.**

Es otra manera de valorar la forma de la arcada del paciente.

Consiste en hallar el cociente entre la anchura intercanina y la anchura intermolar intrarcada x 100 tanto de la arcada superior como inferior.

Así, tenemos dos valores para el cociente de la arcada dentaria, uno para la arcada superior y otro para la inferior.

## IV.2- MÉTODO DIGITAL

### IV.2.1-MATERIAL

El material utilizado en este trabajo para la realización de las mediciones dentarias analizadas con el *Método Digital* consistió en:

1- Modelos de escayola que formaban parte de los registros iniciales de los pacientes y que se tomaron a los individuos susceptibles de recibir tratamiento de Ortodoncia.

Estos modelos se obtuvieron a partir de impresiones de alginato de ambas arcadas dentarias del paciente realizadas por distintos operadores. El vaciado de las impresiones, efectuado por varios operadores también, se hizo con escayola blanca de Ortodoncia siguiendo las técnicas habituales.

Una vez los modelos se hubieron vaciado, fueron recortados siguiendo las características propuestas por el American Board of Orthodontists (ABO) que exige:

- Bases de los modelos simétricas y paralelas entre sí.
- Bordes posteriores perpendiculares a la línea sagital media de la arcada que suele visualizarse de manera sencilla, ya que forma el rafe palatino medio en la arcada superior de la mayoría de los pacientes.
- Extremos de los modelos con unos ángulos predeterminados.
- Los modelos recortados en máxima intercuspidad.

Los criterios de inclusión fueron:

- Todos los pacientes debían presentar dentición permanente de primer molar a primer molar superior e inferior en el momento de la exploración y de la toma de registros.
- Buena calidad de los modelos de estudio seleccionados con una buena definición anatómica, tanto de las partes blandas como de las duras. Esto dependía tanto de una buena técnica de la toma de impresión con el alginato, como de una técnica correcta de vaciado sin poros ni ningún otro elemento que alterara las estructuras anatómicas y por consiguiente las futuras mediciones a realizar sobre ellos.
- Se admitieron, pequeñas restauraciones oclusales que no comprometieran las caras interproximales, mesial y distal de los dientes.
- Discrepancias oseodentarias inferiores a 6 mm, tanto en sentido positivo como negativo, para disminuir la dificultad de medición de los diámetros mesiodistales y de la longitud de arcada.
- Se aceptaron maloclusiones con ligeras rotaciones, diastemas y apiñamientos.

Los criterios de exclusión fueron:

- Pacientes que presentaban dentición mixta en el momento de la exploración y de la toma de registros.

- Mala calidad de los modelos de estudio.
- Discrepancias oseodentarias superiores a 6 mm, tanto en sentido positivo como negativo, que dificultaran las mediciones.
- Presencia de alteraciones en el número de piezas, tanto por disminución; agenesias o extracciones, como por aumento del mismo; dientes supernumerarios.
- Presencia de alteraciones en la morfología dentaria como hiperplasias e hipoplasias, dientes bigeminados e incisivos laterales conoides.
- Presencia de alteraciones en el tamaño dentario como macrodoncias, microdoncias e incisivos laterales conoides.
- Presencia de grandes destrucciones, atricciones, fracturas o restauraciones que pudieran alterar el diámetro mesiodistal de los dientes. Tampoco se admitieron reconstrucciones protésicas como coronas o puentes.

Seleccionamos con estas características una muestra con un total de 50 pacientes con sus correspondientes pares de modelos de estudio de escayola de Ortodoncia para el presente trabajo.

2- Un escáner convencional de sobremesa tipo Hewlett Packard Scan Jet II Cx/T que fue utilizado para digitalizar todos los modelos de estudio.

3- Papel milimetrado para la colocación alrededor de los modelos en el momento de la digitalización y de la realización del calibrado de cada uno de ellos.

4- *Programa Digital Ortodig*<sup>®</sup> de diseño propio, desarrollado por en la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia.

5- Ordenador personal portátil *Pentium 4* marca *Toshiba* para el almacenamiento de todas las imágenes digitalizadas y la ejecución las medidas directas con el *Método Digital*.

#### **IV.2.2- MÉTODO**

Procedimos a la medición de los tamaños mesiodistales de todos los dientes superiores e inferiores de cada modelo de estudio de cada uno de los individuos seleccionados para el trabajo, por el *Método Digital*.

Se excluyeron los segundos y terceros molares tanto superiores como inferiores en dichas mediciones.

El *Método Digital* utilizado fue un programa digital diseñado por un grupo de trabajo de la Universidad de Valencia y cuya fiabilidad y reproducibilidad ya habían sido probadas anteriormente (Paredes, 2003, Paulino, 2008). Este programa precisa una imagen digitalizada de lo que se pretende medir y un *software* de apoyo para la realización de las mediciones.

##### **IV.2.2.1- DIGITALIZACIÓN DE LOS MODELOS DE ESTUDIO.**

La digitalización de todos los modelos de estudio fue realizada por el mismo operador y bajo las mismas condiciones.

Esta digitalización se realizó con un escáner convencional, descrito en el apartado de "Material", que permite lograr de forma rápida las imágenes digitalizadas, pudiendo variar el grado de resolución con el que se capta cada una de ellas y manteniendo la relación de escala del modelo original.

El programa de captación de imagen asociado con el escáner y utilizado en nuestro caso fue el Photostyler.

Estas imágenes se captaron con una resolución de 250 ppp, lo que permitía obtenerlas con aproximadamente 730 por 578 píxeles en formato bmp, de suficiente magnificación para realizar cómoda y exactamente las mediciones.

Las arcadas se digitalizaron rodeadas de un marco de papel milimetrado convencional colocado alrededor de cada modelo, permitiendo que posteriormente el programa pudiera realizar el calibrado para obtener las dimensiones en milímetros, a fin de evitar las discrepancias asociadas a las distintas magnificaciones con las que pudieran tomarse las diferentes imágenes al ser digitalizadas. El Método Digital nos permitía una sensibilidad de centésimas de milímetros.

Con el fin de poder colocar todos los modelos de estudio en el escáner de una forma reproducible y para facilitar su posterior medida, el modelo se situaba con la cara oclusal hacia la pantalla del escáner, de manera que todas las caras oclusales de todos los dientes tocaran la misma, situando la parte de detrás del zócalo del modelo perpendicular a la superficie de la pantalla y apoyada sobre una superficie recta colocada por nosotros tal y como apreciamos en la fotografía de la **Figura1**.



***Figura 1: Orientación y digitalización de los modelos de estudio en el escáner en el Método Digital.***

Así mismo se digitalizaron de forma independiente los modelos superior e inferior de cada paciente. Cada imagen digitalizada se almacenó en el ordenador. Al fichero generado se le asignó un nombre siguiendo un código simple de modo que permitiera identificar de antemano tanto el paciente y el sexo al que correspondía, y si la arcada era superior o inferior.

Los primeros caracteres del nombre de la imagen corresponden al número que hace referencia al individuo y que por tanto serán comunes para la imagen del modelo superior e inferior. Así en nuestro caso, las imágenes se fueron asignando con números correlativos, desde el 00.bmp al número 49.bmp, sabiendo cada número a qué sujeto correspondía.

En segundo lugar, las imágenes debían ser identificadas como imágenes de modelos pertenecientes a hombres o a mujeres, así, si el modelo correspondía a una mujer añadíamos una “f” detrás del número del modelo (por ejemplo 01f.bmp), pero en el

caso de que los modelos de estudio fueran de un hombre, sería una “h” la letra añadida (por ejemplo 01h.bmp).

De igual manera, debían ser identificadas las imágenes de modelos mandibulares de los maxilares para encasillarlas dentro de las listas correspondientes. Por ello, los modelos superiores no llevaban ninguna identificación (por ejemplo 01h.bmp), mientras que los inferiores, presentaban la letra “m” detrás de la letra identificativa del sexo del paciente (por ejemplo 01hm.bmp o 01fm.bmp).

Este código permitirá que el software pueda de forma automática relacionar magnitudes de ambos maxilares en cada paciente.

El medio de interfase para la realización de estas medidas fue el propio puntero del ordenador y la imagen del modelo en la pantalla del mismo.

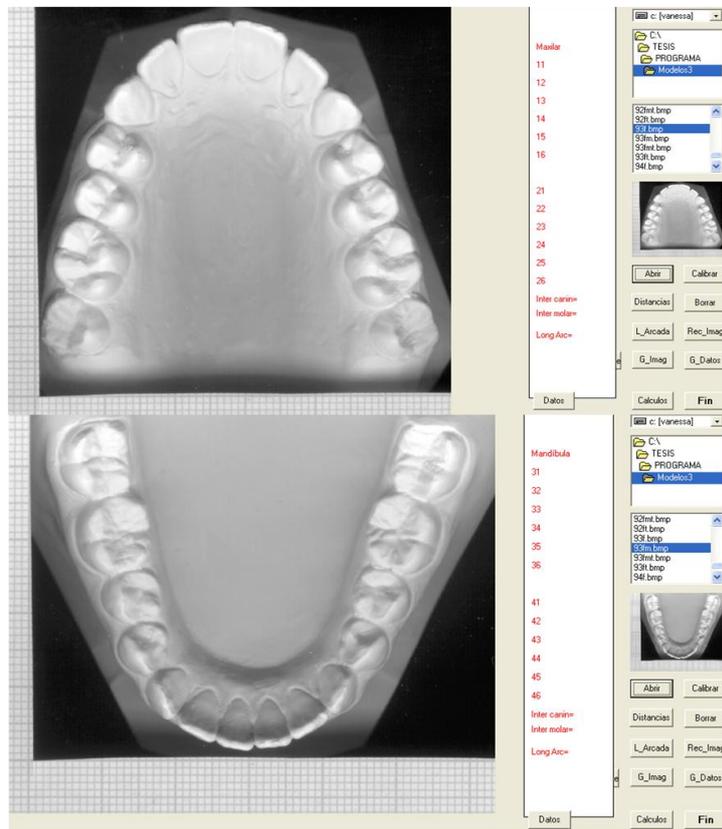
#### **IV.2.2.2- FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO DIGITAL.**

A título de ejemplo, hemos tomado uno de los pacientes estudiados en el presente trabajo, del cual hemos seleccionado su modelo superior e inferior para demostrar todas las funciones y opciones del *Programa Digital* de manera sencilla.

En la fotografía de la **Figura 2**, vemos el modelo superior e inferior del paciente seleccionado, digitalizado e introducido ya en el *Método Digital*.

La imagen queda centrada y rodeada de un papel milimetrado, mientras que los botones con las diferentes funciones del Programa quedan en la parte derecha de la imagen.

Encima de estos botones, aparece la imagen del modelo seleccionado en pequeño tamaño, así como el nombre con el que le hemos denominado.



**Figura 2: Modelo superior e inferior digitalizados e introducidos en el Método Digital.**

#### IV.2.2.3- CALIBRADO DE LOS MODELOS DIGITALIZADOS.

Previo a realizar cualquier medición, pero dentro del *Programa* citado, realizamos para cada imagen una calibración de cada modelo para hallar las dimensiones reales en mm, evitando las discrepancias asociadas a las distintas magnificaciones con las que pudieran tomarse las diferentes imágenes al ser digitalizadas, incluso al hacerse todas ellas de la misma manera reproducible y por el mismo operador.

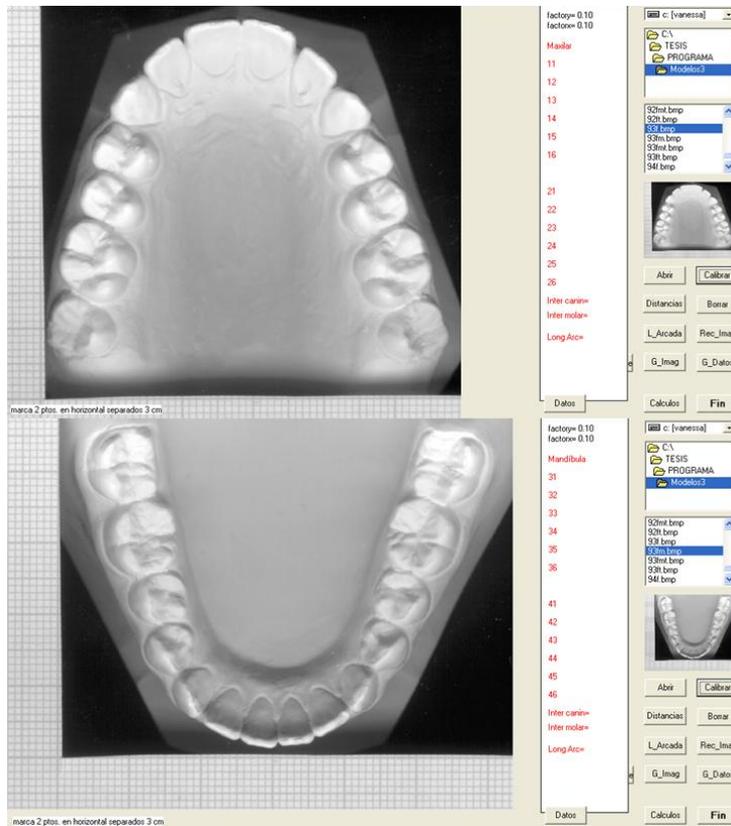
En este caso, para realizar esta calibración, las arcadas se digitalizan rodeadas de un papel milimetrado convencional que situamos alrededor del modelo, tal y como hemos comentado anteriormente, para que así conocida la magnificación del papel milimetrado se pueda saber la sufrida por el modelo.

Por tanto, sobre el papel milimetrado digitalizado se señalan dos puntos en vertical y en horizontal, con una separación constante de 3 cm. entre ambos lo que nos permite conocer el factor de transformación de dimensiones tanto en sentido vertical como en sentido horizontal.

Estos dos factores de transformación de dimensiones a los que denominaremos “x” al factor horizontal e “y” al vertical, deben tener entre ellos el mismo valor numérico.

El hecho de que el factor de transformación de dimensiones obtenido sea el mismo para las “x” que para la “y” confirma que la calibración ha sido bien realizada y que la imagen no ha resultado distorsionada manteniéndose la relación del modelo original, pero de mayor tamaño, tal y como comprobamos en la **Figura 3**.

En el caso de no tener el mismo valor, la calibración debe ser repetida, ya que si no los resultados de las mediciones estarán alterados.



**Figura 3: Modelos calibrados con el Método Digital.**

En la fotografía de la **Figura 3** anterior, observamos como los factores de transformación de dimensiones, aparecen en la parte superior derecha de cada modelo.

Puede ocurrir que a pesar de realizar la digitalización de todos los modelos de estudio de manera idéntica y debido a los diferentes tamaños de los mismos, las imágenes de algunos modelos estén más recortadas y por tanto los factores de transformación de dimensiones tengan diferentes valores entre los distintos modelos de los sujetos del estudio, lo cual es perfectamente factible y está contemplado en el *Programa* desarrollado.

A continuación presentamos todas las distintas mediciones que el *Método Digital* puede realizar, y han sido divididas en medidas directas e indirectas.

#### **IV.2.2.4- REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS.**

##### **IV.2.2.4.1-TAMAÑOS MESIODISTALES DE LOS DIENTES.**

La primera función del *Método Digital*, es la medición de los tamaños mesiodistales de los dientes.

Este tamaño se corresponde a la máxima distancia entre los puntos de contacto en sus caras proximales, mesial y distal.

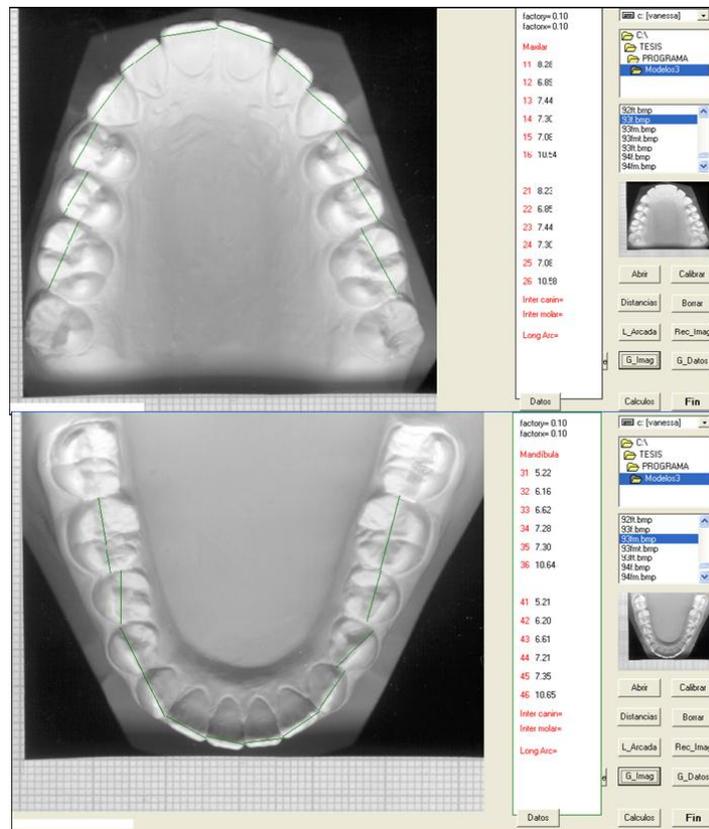
En los dientes malposicionados, se miden los puntos de contacto hipotéticos en sus caras proximales, mesial y distal. Sobre cada una de las imágenes logradas y ya calibradas, se localiza para cada diente sus puntos de contacto mesial y distal, que se corresponden al máximo tamaño mesiodistal del mismo, dibujándose automáticamente, una línea de unión de color verde entre dichos puntos marcados que nos muestra la medida que hemos realizado y el resultado de la misma en mm reales al lado de cada diente, como vemos en las fotografías de la **Figura 4**.

Procedemos a guardar dicha imagen y los datos de la misma.

El *Programa* ofrece la opción de borrar dicha imagen en caso de que el máximo diámetro mesiodistal trazado no sea adecuado y volver a repetirlo de nuevo.

Una vez trazada toda la imagen, se guarda para poder ser visualizada en cualquier momento posterior y los datos de las distancias medidas en la misma, se almacenan en un fichero de datos que se genera automáticamente, asignándole a dicho fichero un nombre que permite identificarlo con el paciente en cuestión.

En el mismo fichero de datos se guarda la información tanto de la arcada superior como inferior de cada paciente.



**Figura 4: Trazado y medición de los tamaños mesiodistales superiores e inferiores de los modelos con el Método Digital.**

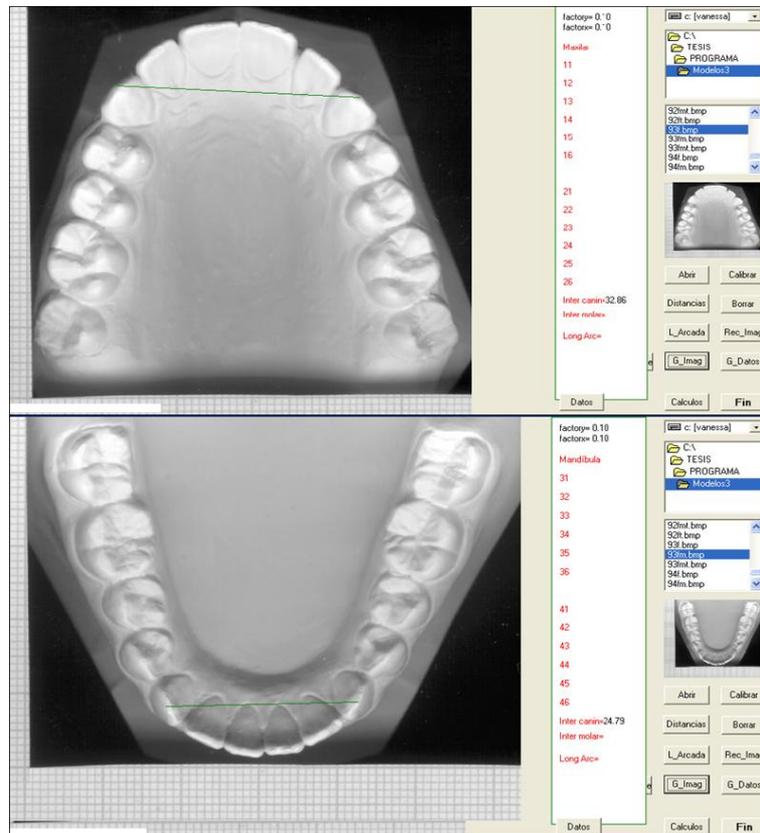
#### **IV.2.2.4.2- ANCHURAS INTERCANINAS.**

La anchura intercanina se considera, igual que con el *Método Tradicional*, la distancia entre las cimas de las cúspides de ambos caninos, o en sus estimadas en el caso de presentar facetas de desgaste, tanto en la arcada superior como inferior.

En los casos que presentan facetas de desgaste, se toma como punto de referencia el centro de dichas superficies de desgaste.

Posicionamos el puntero en la pantalla del ordenador sobre la imagen escaneada a nivel de la cúspide del canino de un lado y marcamos el punto, a continuación hacemos lo mismo en la cúspide del lado contrario y de manera automática logramos una línea de unión de color verde entre los puntos señalados y la distancia de la anchura intercanina en mm reales como vemos en las fotografías de la **Figura 5**, guardando dicha imagen así como la correspondiente medición de la anchura intercanina.

A continuación, pasamos a guardar dicha imagen si deseamos completar la imagen trazada así como a almacenar la correspondiente medición de la anchura intercanina en el fichero de datos.



**Figura 5: Trazado y medición de la anchura intercanina superior e inferior en los modelos en el Método Digital.**

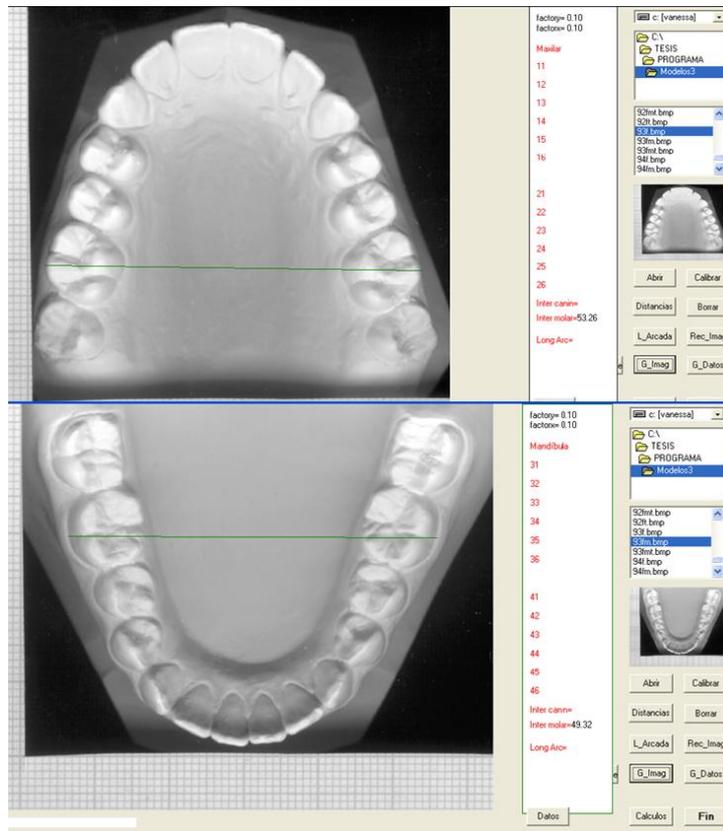
#### IV.2.2.4.3- ANCHURAS INTERMOLARES.

La anchura intermolar seleccionada es la misma en ambos *Métodos*, es decir la máxima distancia hallada entre las superficies vestibulares de los primeros molares permanentes de uno y otro lado de la arcada tanto para la superior como la inferior.

Para hallar la anchura intermolar se hace exactamente de la misma manera que con la anchura intercanina.

Marcamos los puntos deseados y obtenemos de forma automática la línea de color verde que los une, además de la distancia real en mm entre ellos, como podemos comprobar en la **Figura 6**, guardando a continuación la imagen y los datos.

Igual que con los diámetros mesiodistales, el *Programa* ofrece la función de borrar la anchura intercanina y intermolar y volver a trazarla en el caso de no ser adecuada.



**Figura 6: Trazado y medición de la anchura bimolar en los modelos en el Método Digital.**

#### **IV.2.2.4.4- LONGITUDES DE ARCADA.**

Sobre la imagen digitalizada, es posible dibujar de manera precisa, rápida y sencilla la línea correspondiente a la arcada ideal.

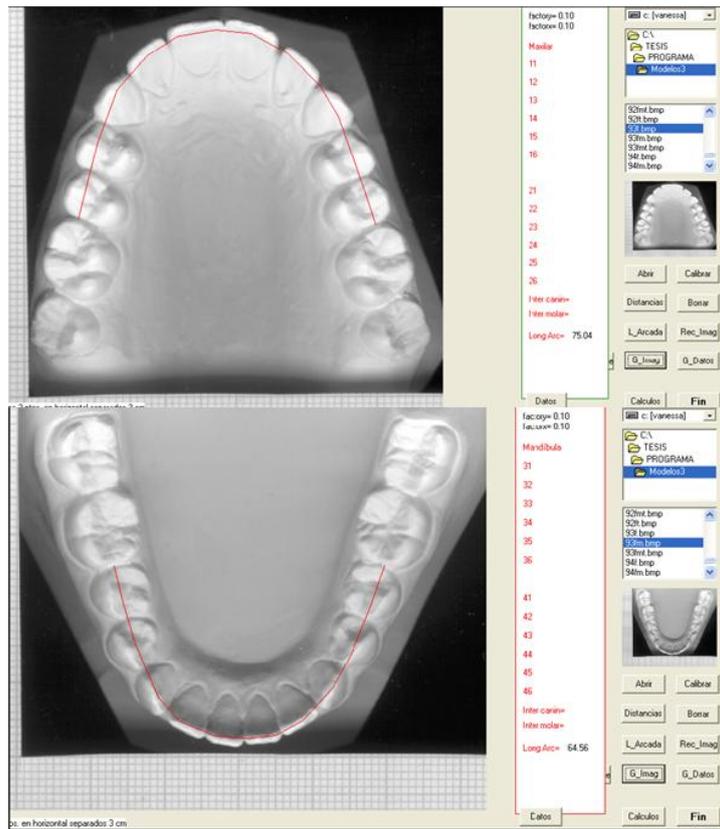
La línea ideal de arcada se tomó como aquella que pasa por los puntos de contacto ideales de cada uno de los dientes y se obtiene por tanto, uniendo los puntos más mesiales y distales de cada diente seleccionado, de mesial del primer molar a mesial del primer molar superior e inferior.

El *Método Digital* va acumulando las distancias entre estos puntos seleccionados, presentando poco a poco la imagen de dicha forma de arcada en color rojo y su longitud en mm de manera instantánea tal y como vemos en las fotografías de la **Figura 7.**

Posteriormente, guardamos dicha imagen y el valor de la misma.

El *Método Digital* ofrece la opción de borrar la línea de arcada dibujada en caso de que no nos parezca la correcta y podemos volver a trazarla.

Este *Método Digital* presenta la ventaja de facilitar el trazado de la longitud de arcada, así como, mostrarnos de manera instantánea la misma. Por otro lado, ofrece la posibilidad de calcular la longitud de arcada de manera continua y curvilínea.



**Figura 7: Trazado y medición de la longitud de arcada ideal superior e inferior en los modelos en el Método Digital.**

Una vez hemos marcado los puntos de interés sobre cada imagen y los hemos guardado correctamente, los datos de los tamaños dentarios, las anchuras intercaninas, intermolares, así como los de la longitud de arcada, quedan introducidos en la base de datos del *Método Digital* como medidas directas.

Evidentemente, el proceso de almacenamiento de datos puede realizarse a medida que se va trazando el modelo, tal y como se ha descrito, con el fin de eliminar la posibilidad de borrados indeseados, pero también es posible trazar el modelo completamente y entonces guardar la imagen trazada y todos los datos a la vez.

#### **IV.2.2.5- REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS INDIRECTAS.**

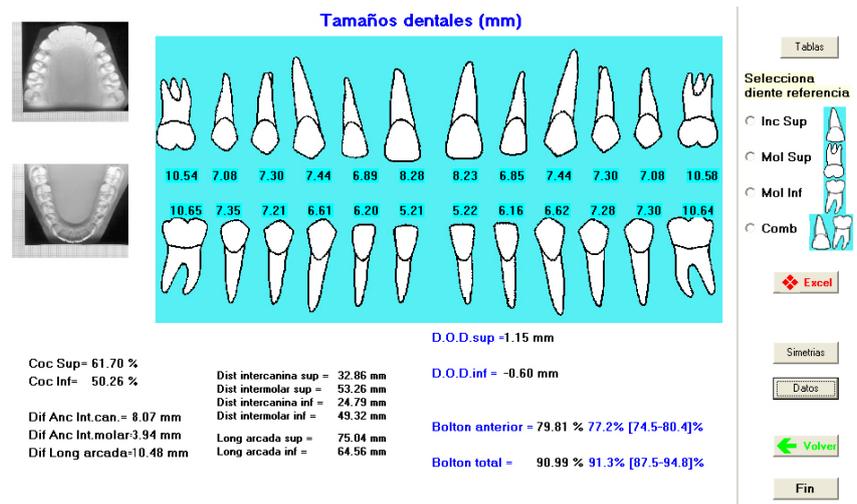
A partir del momento en que se tienen los datos de las medidas directas en un fichero, estos, pueden ser exportados de forma automática a numerosas aplicaciones, tales como Excel o Word para aplicarles posteriores tratamientos.

Ahora bien, dentro del mismo *Programa*, lógicamente, una vez disponemos de los datos de los tamaños mesiodistales, los de la longitud de arcada, diámetros intercaninos e intermolares, se pueden obtener todos los cálculos que se desee con ellos y por tanto hallar las medidas indirectas citadas, ya que surgen a partir de las mediciones directas por medio de cálculos matemáticos, pero bastará con pasar a la zona de cálculos y solicitar apretando el botón correspondiente la información deseada.

En esta **Figura 8**, observamos todas las medidas de los modelos de manera conjunta.

Por un lado, tenemos el dibujo de cada uno de los dientes con su correspondiente tamaño mesiodistal al pie de cada uno de ellos, así como todas las medidas tanto directas como indirectas.

Las anchuras intercaninas e intermolares aparecen representadas juntas debajo de los tamaños de los dientes.



**Figura 8: Resultados de todas las medidas directas e indirectas con el Método Digital.**

### **IV.3- MÉTODO TRIDIMENSIONAL (CBCT)**

#### **IV.3.1-MATERIAL**

El material utilizado para la realización de las mediciones dentarias sobre las tomografías computerizadas de haz cónico o CBCT consistió en:

1- Tomografías computerizadas de haz cónico o CBCT que formaban parte de los registros iniciales de los pacientes y que se tomaron a los individuos susceptibles de recibir tratamiento de Ortodoncia.

El aparato de CBCT empleado en este estudio fue el *Dental Picasso Master 3D®* (EWOO technology, República de Corea. 2005) de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia. Este aparato de tomografía computerizada de haz cónico utiliza un panel plano de silicona amorfa y un centelleador de un material similar al cesio. Tiene dos modalidades: campo de visión (FOV) estándar y amplia.

Sus dimensiones de escaneo para la cabeza completa de estas dos modalidades son: 200x150 ó 200x190 mm (14 bits). El tiempo de escaneo va de 15 a 24 segundos, en función de si el modo empleado es de calidad normal o alta. Tiene un tiempo de reconstrucción que depende de la resolución y la modalidad; así, para FOV estándar, de alta resolución el tiempo es de 1 minuto y 5 segundos, y para el de resolución normal de 1 minuto 40 segundos. Para la modalidad FOV amplia, el tiempo es de 55 segundos, si es de alta resolución y de 1 minuto 20 segundos, si es de resolución normal. El grosor de los cortes es de 0,2mm, el ángulo de escaneo cubre los 360º y

genera un número de imágenes de cortes que depende también de la modalidad: 592 para el FOV amplio de 200x190mm y 496 para el FOV estándar de 200x150mm.

El tamaño de los vóxeles empleado fue de 0,4 x 0,4 x 0,4 mm. Tiene un rango de voltaje del tubo de 40-90 kV y un rango de intensidad de 2-10 mA. El tamaño del foco es de 0,5mm y el tamaño de su base es de 180x170cm. El tamaño de los archivos de datos que genera es de unos 450 megabytes. (Master 3D Dental Imaging. User Manual 2008, Cattaneo et al. 2008)

2-Programa informático para analizar las imágenes de los CBCT, InVivoDental5 (Anatomage, San Jose, Calif). Las imágenes de los CBCT fueron enviadas en formato Dicom de forma segura a la Web de la compañía InVivoDental 5.0 para ser segmentadas y obtener las imágenes tridimensionales de los modelos. A partir de las imágenes obtenidas, podremos realizar las medidas dentarias a analizar.

### **IV.3.2-MÉTODO**

Procedimos a la medición de los tamaños mesiodistales de todos los dientes superiores e inferiores de cada modelo de estudio de cada uno de los individuos seleccionados para el trabajo, por el *Método Tridimensional*.

Se excluyeron los segundos y terceros molares tanto superiores como inferiores en dichas mediciones, al igual que el otro *Método*.

#### **IV.3.2.1-REALIZACIÓN DE LOS CBCT.**

Se realizó un CBCT a cada uno de los pacientes. El CBCT fue realizado por el mismo operador y bajo las mismas condiciones.

El CBCT se realizó mediante el *Dental Picasso Master 3D®* (EWOO technology, República de Corea. 2005) (**Figura 9**), descrito en el apartado de "Material", que permite lograr de forma rápida imágenes en tres dimensiones de todas las estructuras craneofaciales.

La información obtenida es almacenada en formato *dicom*, variando el tamaño de los archivos de datos que genera de hasta unos 450 megabytes dependiendo de la zona escaneada.



**Figura 9: Dental Picasso Master 3D®.**

#### **IV.3.2.2- SEGMENTACIÓN DE LOS CBCT.**

Una vez realizado el CBCT de los pacientes, abrimos cada uno de ellos mediante el programa InVivoDental 5.0 para enviarlo en formato *dicom* a través de Internet de forma segura.

La compañía *ANATOMAGE®* segmenta las imágenes, pudiendo descargar nuestro CBCT segmentado a través de su página web. La segmentación consiste en la separación de los vóxeles correspondientes a cada estructura: dientes, hueso y demás estructuras, dividiendo los vóxeles en grupos y haciendo visibles aquellos que nos interesen, en

este caso los dientes. La descripción de este proceso no ha sido desarrollada más específicamente, ya que no les permiten dar ninguna información acerca del mismo.

#### IV.3.2.3- FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO TRIDIMENSIONAL.

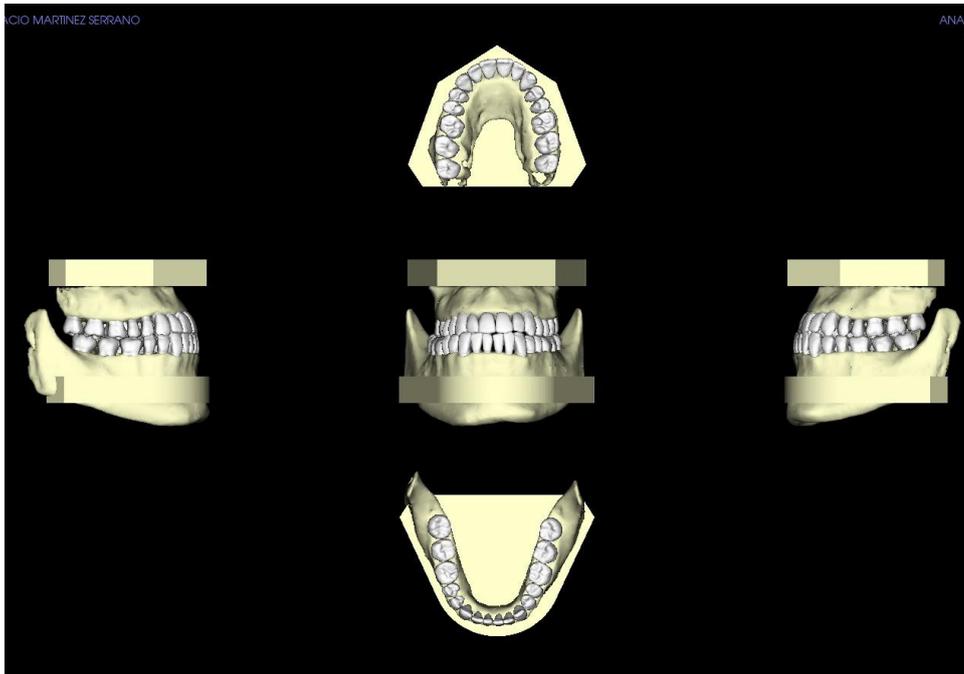
A título de ejemplo, hemos tomado uno de los pacientes estudiados en el presente trabajo, del cual hemos seleccionado su CBCT. Al abrirlo, podemos obtener una vez segmentados los modelos superior e inferior, los cuales podemos mover en todas las direcciones para poder realizar las mediciones de manera exacta, así como añadir o quitar dientes según nos convenga.



**Figura 10: Modelos superior e inferior obtenidos a partir del Método Tridimensional.**

En la fotografía de la **Figura 10**, vemos el modelo superior e inferior del paciente seleccionado, obtenido mediante el *Método Tridimensional*.

La imagen podemos movilizarla en todas direcciones y seleccionar los modelos superior o inferior, para poder ampliar cada uno y seleccionar o quitar dientes que nos facilitará el realizar las mediciones (**Figura 11**). No hará falta por tanto, realizar un calibrado de las imágenes ya que están a tamaño real, a diferencia del *Método Digital*.



**Figura 11: Modelos superior e inferior obtenidos a partir del Método Tridimensional.**

El medio de interfase para la realización de estas medidas fue el propio ratón del ordenador y la imagen del modelo en la pantalla del mismo.

A continuación presentamos todas las distintas mediciones que el *Método Tridimensional* puede realizar, y han sido divididas en medidas directas e indirectas.

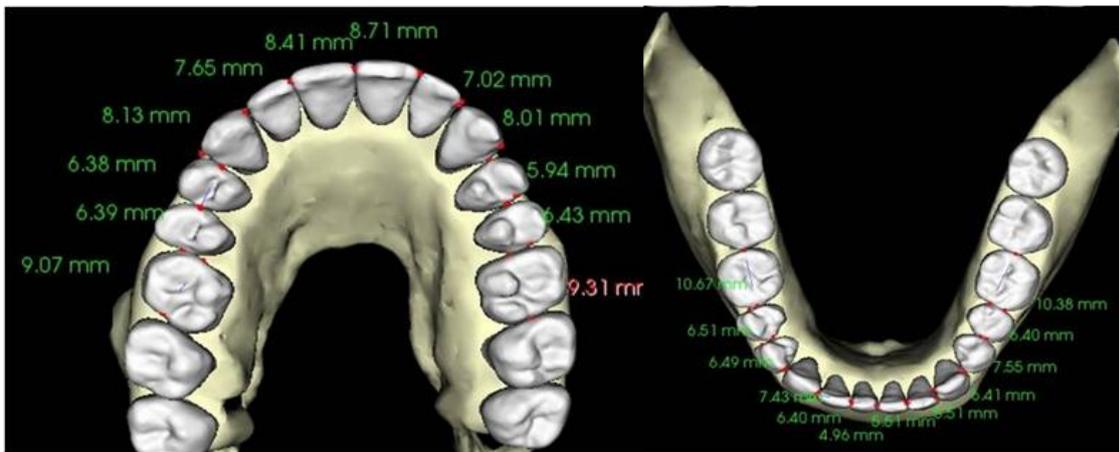
#### **IV.3.2.4- REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS.**

##### **IV.3.2.4.1- TAMAÑOS MESIODISTALES DE LOS DIENTES**

Primero, comenzaremos con la medición de los tamaños mesiodistales de los dientes. Sucesivamente iremos midiendo de primer a primer molar, primero superior y luego inferior.

Seleccionaremos la opción del programa que nos permite medir medidas lineales. Mediante el ratón del ordenador seleccionaremos los puntos de contacto de cada diente que se volverán de color rojo apareciendo automáticamente una línea morada entre dichos puntos que corresponderá al máximo tamaño mesiodistal del diente. El resultado de la medida realizada en milímetros se muestra al lado de cada diente como vemos en la **Figura 12**. El *Programa* ofrece la opción de modificar o borrar dicha imagen en caso de que el máximo tamaño mesiodistal trazado no sea adecuado.

En caso de dientes malposicionados, podemos medir de manera exacta sus puntos de contacto proximal; mesial y distal, ya que si los dientes contiguos nos limitan su medición podemos eliminarlos de manera transitoria.



**Figura 12: Trazado y medición de los tamaños mesiodistales superiores e inferiores de los modelos con el Método Tridimensional.**

#### IV.3.2.4.2- ANCHURAS INTERCANINAS.

La anchura intercanina se considera, igual que con el *Método Digital*, la distancia entre las cimas de las cúspides de ambos caninos, o en sus estimadas en el caso de presentar facetas de desgaste, tanto en la arcada superior como inferior.

En los casos que presentan facetas de desgaste, se toma como punto de referencia el centro de dichas superficies de desgaste.

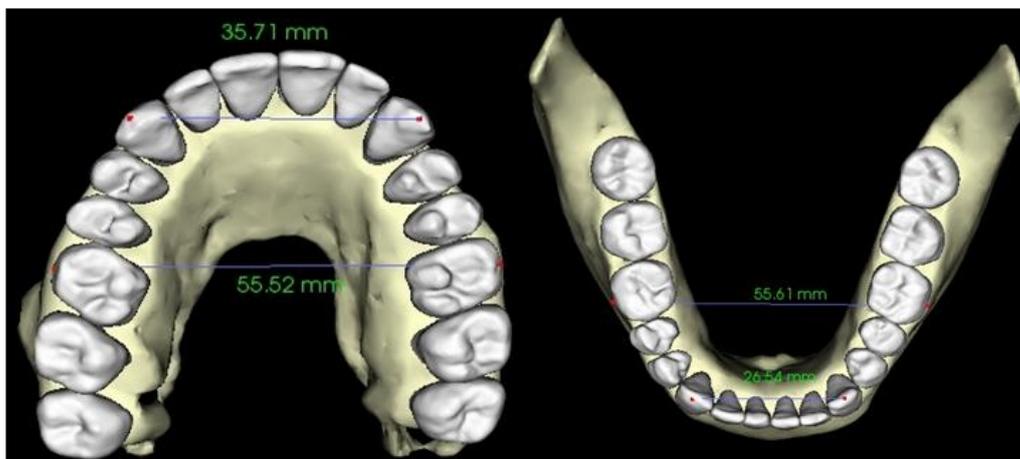
Posicionamos el puntero en la pantalla del ordenador sobre la imagen a nivel de la cúspide del canino de un lado y marcamos el punto, a continuación hacemos lo mismo en la cúspide del lado contrario y de manera automática logramos una línea de unión de color morada entre los puntos señalados y la distancia de la anchura intercanina en mm reales como vemos en las fotografías de la **Figura 13**.

#### IV.3.2.4.3- ANCHURAS INTERMOLARES.

La anchura intermolar seleccionada es la misma en ambos *Métodos*, es decir la máxima distancia hallada entre las superficies vestibulares de los primeros molares permanentes de uno y otro lado de la arcada tanto para la superior como la inferior. Para hallar la anchura intermolar se hace exactamente de la misma manera que con la anchura intercanina.

Marcamos los puntos deseados y obtenemos de forma automática la línea de color morada que los une, además de la distancia real en mm entre ellos, como podemos comprobar en la **Figura 13**.

Igual que con los diámetros mesiodistales, el *Programa* ofrece la función de modificar o borrar la anchura intercanina y intermolar y volver a trazarla en el caso de no ser adecuada.



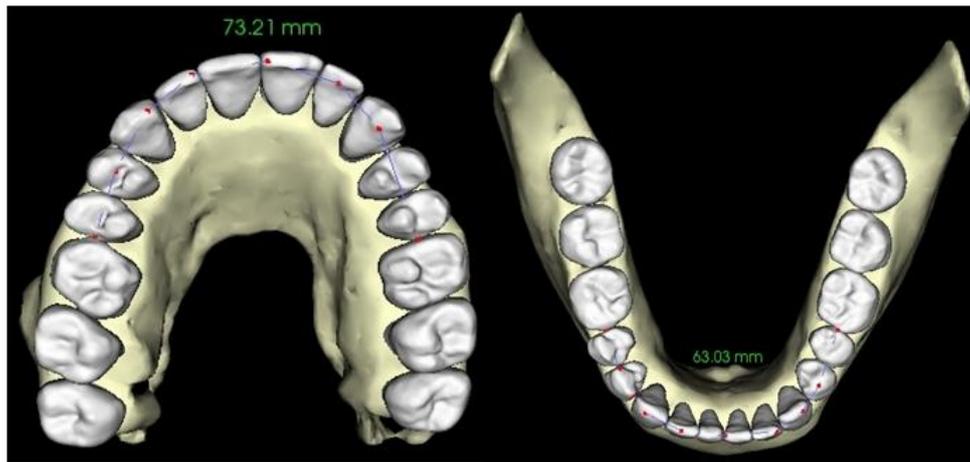
**Figura 13: Trazado y medición de la anchura intercanina e intermolar superior e inferior en los modelos en el Método Tridimensional.**

#### IV.3.2.4.4- LONGITUDES DE ARCADA.

Sobre la imagen digitalizada, es posible dibujar de manera precisa, rápida y sencilla la línea correspondiente a la arcada ideal.

La línea ideal de arcada se tomó como aquella que pasa por los puntos de contacto ideales de cada uno de los dientes y se obtiene por tanto, uniendo los puntos más mesiales y distales de cada diente seleccionado, de mesial del primer molar a mesial del primer molar superior e inferior.

El *Método Tridimensional* va acumulando las distancias entre estos puntos seleccionados, presentando poco a poco la imagen de dicha forma de arcada en color morado y su longitud en milímetros de manera instantánea tal y como vemos en la **Figura 14**. El programa ofrece la opción de modificar o borrar la línea de arcada dibujada en caso de que no nos parezca la correcta. Este *Método* presenta la ventaja de facilitar y poder modificar el trazado de la longitud de arcada una vez realizada. Por otro lado, ofrece la posibilidad de calcular la longitud de arcada de manera continua y curvilínea.



**Figura 14: Trazado y medición de la longitud de arcada ideal superior e inferior en los modelos en el Método Tridimensional.**

Una vez hemos marcado los puntos de interés sobre cada imagen, guardaremos cada uno de los modelos superior e inferior con sus respectivas medidas en *JPG*. Los datos de los tamaños dentarios, las anchuras intercaninas, intermolares, así como los de la longitud de arcada, podemos exportarlos en una hoja de cálculo como medidas directas.

#### **IV.3.2.5- MEDIDAS INDIRECTAS.**

A partir del momento en que se tienen los datos de las medidas directas en un fichero, éstos, pueden ser exportados de forma automática a numerosas aplicaciones, tales como Excel o Word para aplicarles posteriores tratamientos.

#### **IV.4- METODOS ESTADÍSTICOS.**

Tanto los valores, hallados con el Método Digital como con el Método Tridimensional, se introdujeron en fichero de datos para ser tratados con el paquete estadísticos SPSS versión 10.0 para Windows.

Las pruebas estadísticas aplicadas, en este caso, se basaron siempre, en la comparación de datos correlacionados ya que el objetivo fundamental de la Tesis es, tanto la comprobación de la validez de las medidas obtenidas con el *Método Tridimensional* frente al *Digital*, como la predicción de valores. Por tanto en la mayoría de los casos se comparaban datos sobre el mismo paciente.

Por ello, los test estadísticos aplicados fueron los de comparación de medias de medidas apareadas y el estudio de correlación entre variables, a través del análisis de rectas de regresión y coeficientes de correlación.

Para el caso en que exista una correlación entre los dos conjuntos de datos a comparar, como es concretamente en el caso de que se trate de mediciones realizadas sobre las mismas personas con distintos métodos, o por distinto observador, dicha correlación debe tenerse en cuenta cuando se realice la comparación. La condición para que ambas medias puedan considerarse iguales es que, para la significación elegida, el intervalo de confianza de la diferencia entre las medias de las dos muestras contenga el cero.

La regresión lineal permite comparar cada valor determinado por un método con el correspondiente valor determinado por el otro método. Si los puntos se distribuyen alrededor de una recta, tanto la pendiente como la ordenada en el origen correspondientes a la recta de ajuste, deben determinarse con sus correspondientes intervalos de confianza, y en el caso particular que nos ocupa, las rectas de regresión que correlacionan los datos resultantes de uno u otro método de medida, deben ser tales que el intervalo de confianza de la pendiente englobe el 1 y el intervalo de confianza de la ordenada en el origen englobe el 0. Esto permite probar que ambos métodos de medida son equivalentes ya que la tasa de aumento sería la misma (pendiente 1) y no habría errores ni por exceso ni por defecto (ordenada en el origen 0).

Además de la información obtenida a partir de la pendiente y la ordenada en el origen, debe considerarse el coeficiente de correlación de Pearson, ya que cuanto más similares sean las determinaciones hechas con uno u otro método, más próximos estarán los puntos a la recta de regresión y más próximo a la unidad sea el valor del coeficiente de correlación. Por ello, la calidad del ajuste puede valorarse por dicho coeficiente de correlación.

Se considera que el estudio ha sido correctamente realizado, si el coeficiente de correlación resulta del orden de 0,95 en adelante, valores más bajos del coeficiente representan métodos experimentales que, aunque fieles, son excesivamente imprecisos para nuestro tipo de estudio.

Pero lo interesante de estos coeficientes de correlación es saber la utilidad en la práctica diaria.

Según Carrasco 1989, estos pueden clasificarse según su exactitud en el ajuste en:

- $r \geq 0,9$  - Ajustes magníficos.
- $r = 0,8$  - Ajustes buenos.
- $r = 0,7$  - Ajustes aceptables.
- $r = 0,6$  - Ajustes medianamente aceptables.
- $r \leq 0,5$  - Ajustes rechazables.

Según Plasencia y González-Cuesta, correlaciones de al menos  $r = 0,7$  deben considerarse como aceptables.

Aquellas medidas que nos dieran un valor del coeficiente de  $r^2 = 0,5$  o mayor, significarían que pueden pronosticarse un 50% o más de la variabilidad de una medida conociéndose la otra.

## **V.RESULTADOS**

### **V.1- REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO TRIDIMENSIONAL.**

Aunque el interés de este trabajo está en la aplicabilidad del *Método Tridimensional* para la determinación de las medidas ortodóncicas, a lo largo de todo el estudio se han comparado los resultados obtenidos por el *Método Tridimensional y Digital*, para valorar adecuadamente las posibilidades y limitaciones del nuevo *Método* de medida, tomando el *Método Digital* como referencia ya que su sensibilidad y exactitud ya han sido probadas (Paredes y cols. 2006 y Paulino y cols. 2009).

Así, para el estudio de la reproducibilidad del *Método Tridimensional*, se seleccionaron de manera aleatoria 15 modelos de los 50 que formaban parte del estudio, para que sobre ellos se repitieran las medidas directas tanto por el mismo observador en días sucesivos, como por un observador diferente.

Con estos datos se determinó, el coeficiente de variación tanto intraobservador como interobservador de cada medida directa, así como la relación entre la desviación típica de las medidas respecto a las medias de éstas expresada en porcentaje (%).

Además se compararon los valores medios de las medidas directas obtenidas con ambos *Métodos* de medida.

### V.1.1- VARIABILIDAD INTRAOBSERVADOR.

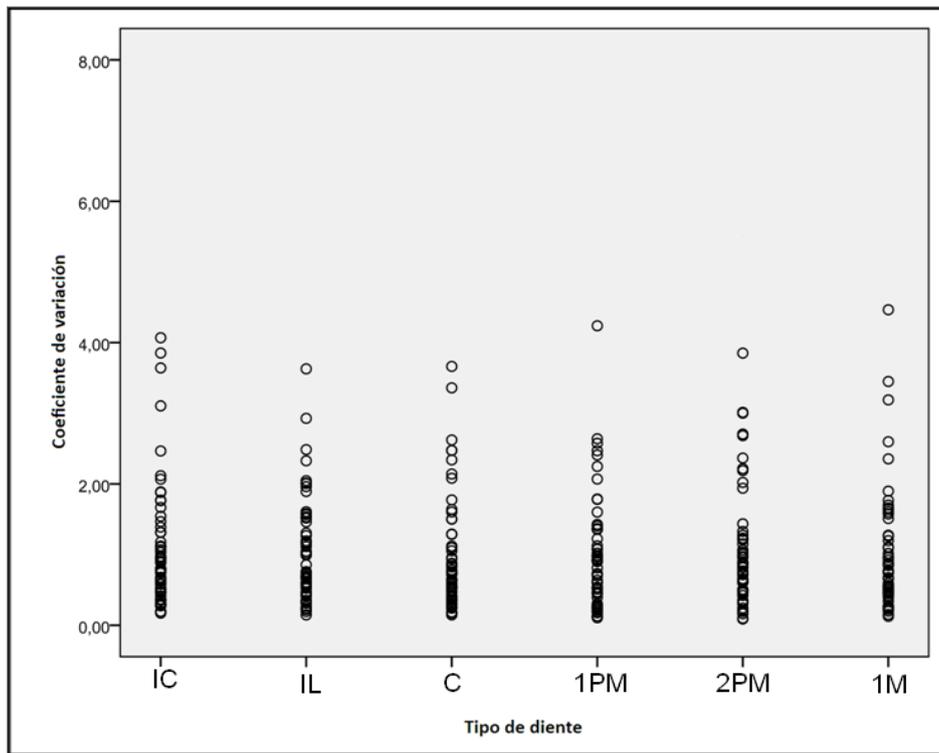
Analizamos el coeficiente de variación intraobservador de los dos *Métodos* utilizados, el *Tridimensional* y el *Digital*.

Cada uno de los 15 modelos seleccionados fue medido tres veces por un mismo observador, con cada uno de los dos métodos de medida, y con un intervalo de una semana de diferencia entre cada una de las mediciones.

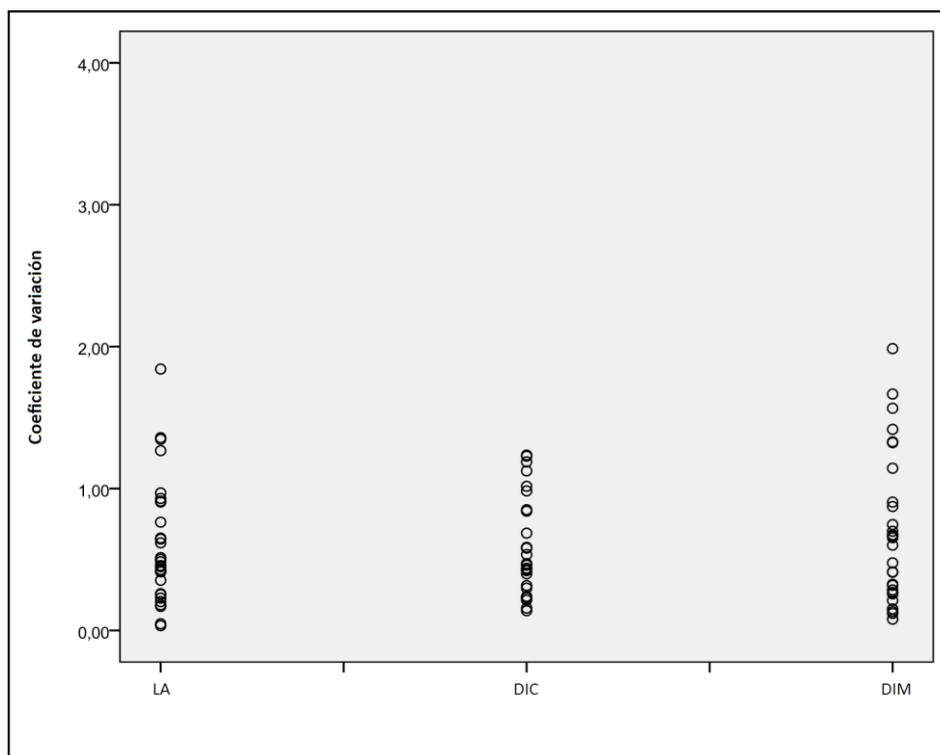
Para valorar la variabilidad intraobservador, se han realizado, por tanto, 1080 mediciones para los tamaños dentarios, mientras que para las anchuras intercaninas, intermolares y longitudes de arcada, se realizaron un total de 270 mediciones.

Se ha determinado, por tanto, el coeficiente de variación para cada diente, y para cada distancia (anchuras intercaninas, intermolares o longitudes de arcada), valorando el rango en el que se distribuyen los mismos y el valor medio para dientes y distancias, en atención a la gran diferencia de magnitud entre unos y otros elementos de medida.

Las **Figuras 1 y 2** muestran los coeficientes de variación de cada una de las medidas directas (dientes y distancias) realizadas con el *Método Tridimensional* y en la **Tabla I** la comparación entre los valores de dichos coeficientes de variación entre los dos métodos de medida, mostrando los valores medios y máximos de cada grupo de medidas.



**Figura 1: Coeficientes de variación en cada medida de cada uno de los dientes en % mediante el Método Tridimensional (IC: Incisivo Central, IL: Incisivo Lateral, C:Canino, 1PM:Primer Premolar, 2PM:Segundo Premolar y 1M:Primer Molar).**



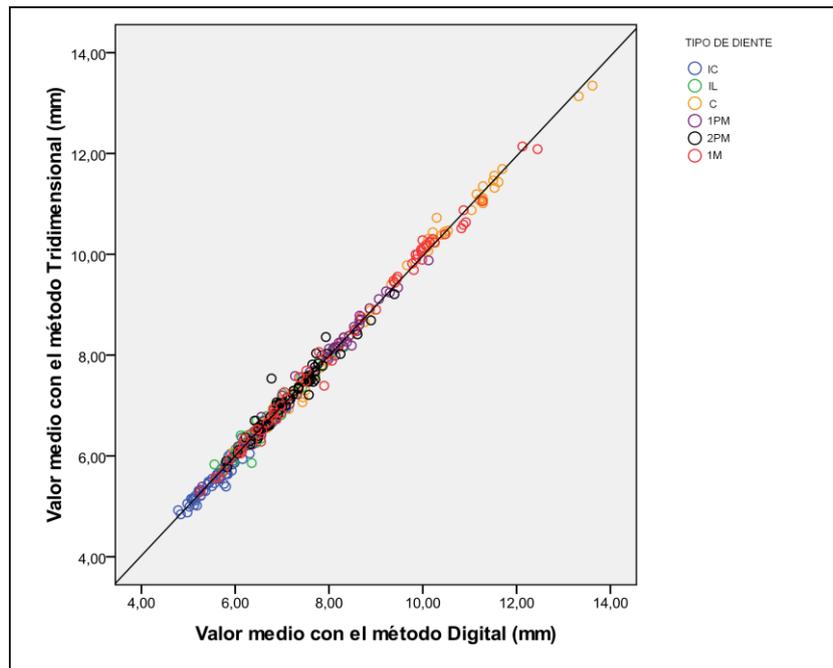
**Figura 2: Coeficientes de variación de cada medida en % mediante el Método Tridimensional (LA: longitud de arcada, DIC: distancia intercanina, DIM: distancia intermolar).**

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)	NÚMERO MEDIDAS	MÉTODO TRIDIMENSIONAL			MÉTODO DIGITAL		
		MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
		%	%	%	%	%	%
TAMAÑO DENTARIO	1080	0,09	4,12	1,08	0,07	4,45	1,6
DISTANCIAS	270	0,03	2,06	0,69	0,03	2,51	0,97

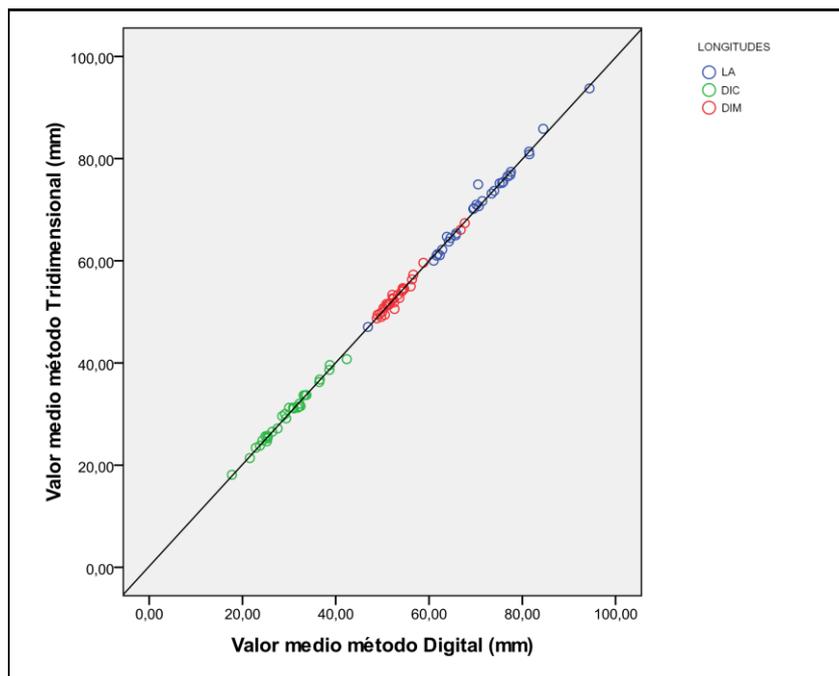
**Tabla I: Coeficientes de variación de las medidas directas determinadas con ambos Métodos de medición. Variabilidad intraobservador.**

Para determinar la exactitud del *Método Tridimensional*, las **Figuras 3 y 4** muestran la representación gráfica de los valores medios encontrados por este método frente a los obtenidos con el *Método Digital* de referencia. La bisectriz del cuadrante muestra el lugar geométrico de los puntos con igual valor determinado por ambos *Métodos* de medida.

Para valorar estadísticamente si ambos *Métodos* ofrecen el mismo valor en las medidas realizadas, en la **Tabla II** se muestran los coeficientes de las regresiones correspondientes a los ajustes de los valores determinados por ambos *Métodos* tanto para los tamaños mesiodistales como para las distancias analizadas. Tal y como se ha comentado en el apartado de métodos estadísticos, la condición para estimar que ambos *Métodos* ofrecen la misma medida sobre el ítem en cuestión es que el coeficiente de correlación sea elevado, cercano a 1, y que los IC95% de la pendiente y de la ordenada en el origen, incluyan respectivamente, el 1 y el 0.



**Figura 3: Valores medios de los tamaños dentarios (en mm) determinados mediante ambos Métodos de medición. La recta de regresión, situada prácticamente sobre la bisectriz, tiene un coeficiente de correlación de 0,997.**



**Figura 4: Valores medios de la longitud de arcada, distancia intercanina y distancia intermolar (en mm) determinados mediante ambos Métodos de medición. La recta de regresión, situada prácticamente sobre la bisectriz, tiene un coeficiente de correlación de 0,999.**

			INTERVALO CONFIANZA 95%	R-PEARSON
TAMAÑOS DENTARIOS	ORDENADA ORIGEN	0,058	-0,004/0,121	0,997
	PENDIENTE	0,991	0,982/1,000	
DISTANCIAS	ORDENADA ORIGEN	0,214	-0,280/ 0,707	0,999
	PENDIENTE	0,996	0,987/1,005	

**Tabla II: Parámetros de la regresión correspondiente a la comparación de los tamaños dentarios y de las distancias (Longitud arcada, Distancia Intercanina, y Distancia Intermolar) entre ambos Métodos de medición.**

Para finalizar el estudio del error intraobservador hemos analizado para cada diente y distancia estudiada la diferencia entre el valor medio determinado con cada procedimiento de medida, considerando medidas apareadas. Los resultados se muestran en la **Tabla III**, que recoge tanto los valores medios determinados con cada *Método* para cada grupo de medidas (dientes y distancias) como el valor medio, la desviación típica y el IC95% de la diferencia para cada medida realizada con uno y otro *Método*. Puede constarse que para los dos grupos de medidas puede aceptarse que ambos métodos ofrecen resultados concordantes.

## RESULTADOS

MEDIDAS	NÚMERO	MÉTODO TRIDIMENSIONAL	MÉTODO DIGITAL	TRIDIMENSIONAL-DIGITAL		
				MEDIA	SD	IC 95%
TAMAÑOS DENTARIOS	1080	7,41	7,42	-0,012	0,135	-0,026/0,002
DISTANCIAS	270	51,36	51,35	0,013	0,783	-0,151/0,177

**Tabla III: Valores medios de las medidas directas realizadas con ambos métodos de medición y estimación de las diferencias encontradas entre ambos métodos.**

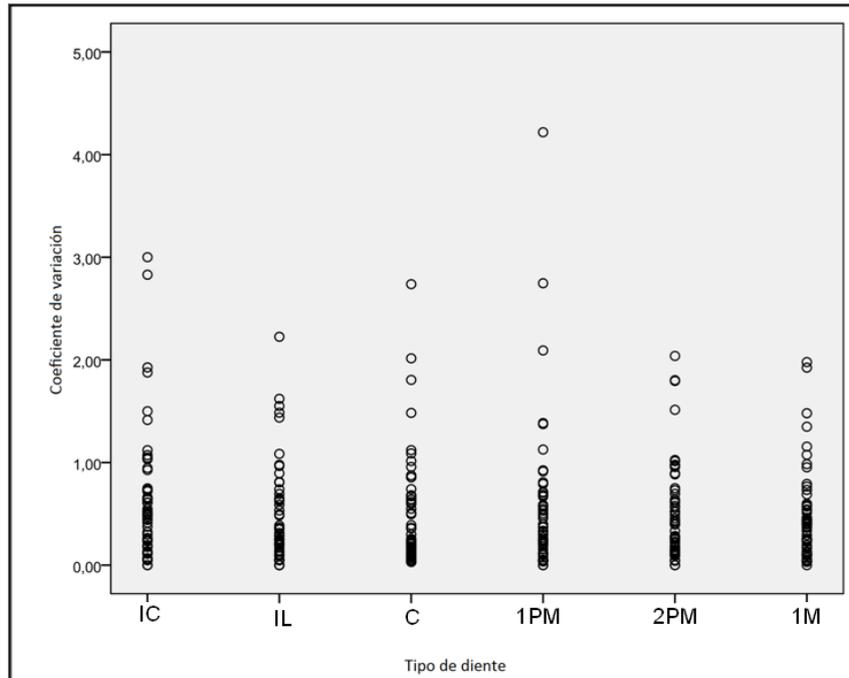
### V.1.2- VARIABILIDAD INTEROBSERVADOR.

Para estudiar la variabilidad interobservador se utilizó el mismo esquema estadístico que para el análisis de la variabilidad intraobservador. Así, los 15 casos utilizados en el estudio intraobservador fueron medidos por otro observador independiente que realizó las mismas medidas, con los mismos intervalos de tiempo que el observador original y con los dos *Métodos* de medida.

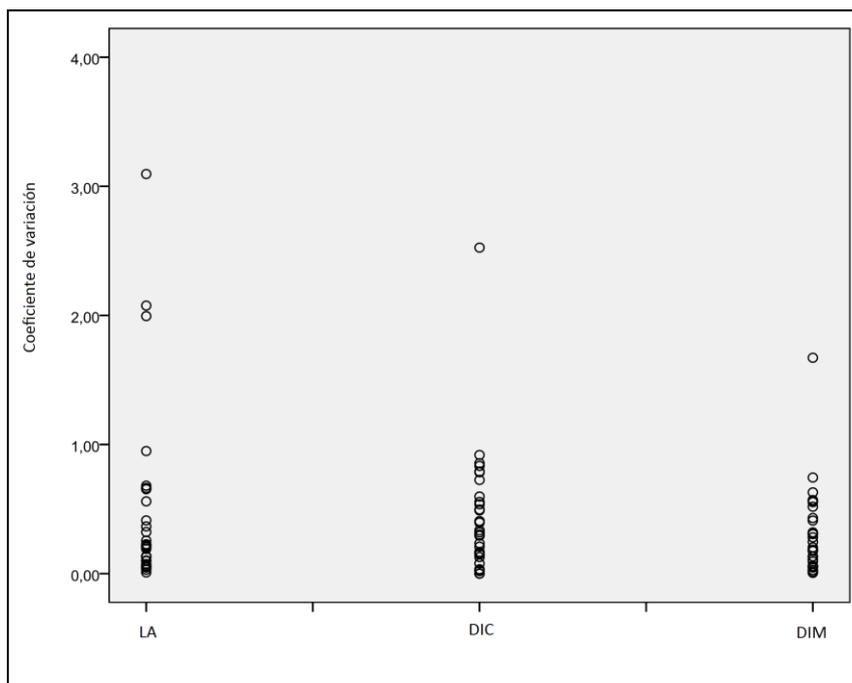
La experiencia en medición de tamaños dentarios por ambos *Métodos* de los dos observadores era muy similar entre ellos.

En este caso el coeficiente de variación interobservador se determinó como la diferencia entre las medias determinadas por cada observador sobre cada ítem medido, respecto a la media de las observaciones realizadas por los dos observadores, y el resultado se expresó en porcentaje.

Al igual que en la variabilidad intraobservador, en las **Figuras 5 y 6** podemos observar los coeficientes de variación de cada una de las medidas directas realizadas con el *Método Tridimensional* entre los observadores, y en la **Tabla IV** los valores medios y máximos de estas discrepancias tanto del *Método Tridimensional* como del *Digital* utilizado como referencia.



**Figura 5: Coeficientes de variación en cada medida de cada uno de los dientes, en %, mediante el Método Tridimensional. Variabilidad interobservador (IC: Incisivo Central, IL: Incisivo Lateral, C:Canino, 1PM:Primer Premolar, 2PM:Segundo Premolar y 1M:Primer Molar).**



**Figura 6: Coeficientes de variación en cada medida en % mediante el Método Tridimensional. Variabilidad interobservador (LA: longitud de arcada, DIC: distancia intercanina, DIM: distancia intermolar).**

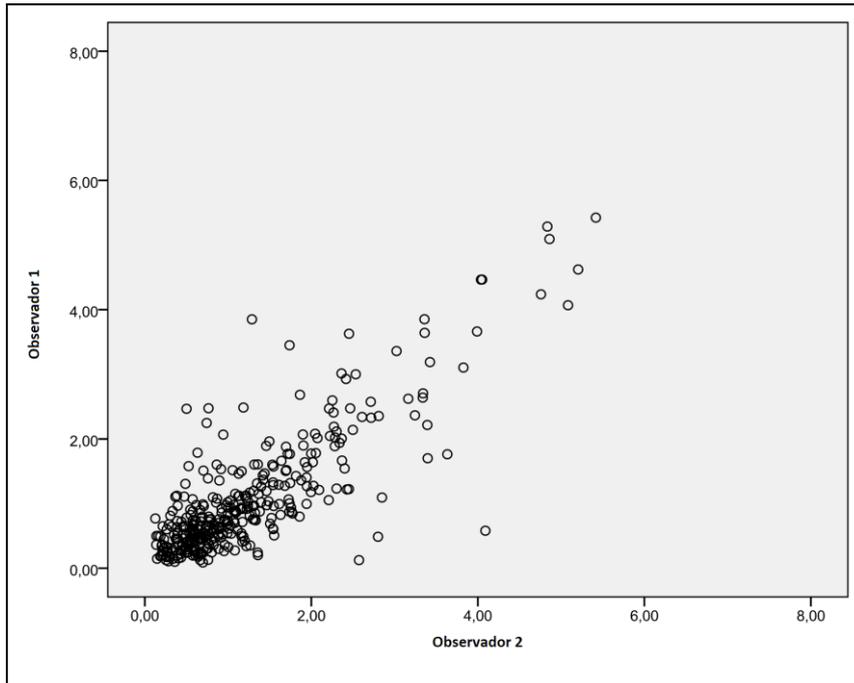
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)	NÚMERO MEDIDAS	MÉTODO TRIDIMENSIONAL			MÉTODO DIGITAL		
		MIN %	MAX %	MEDIA %	MIN %	MAX %	MEDIA %
TAMAÑO DENTARIO	1080	0	4,22	1,4	0	3,97	1,7
DISTANCIAS	270	0	3,1	1,4	0,02	1,81	1,35

**Tabla IV: Coeficientes de variación medidas directas ambos Métodos de medición. Variabilidad interobservador.**

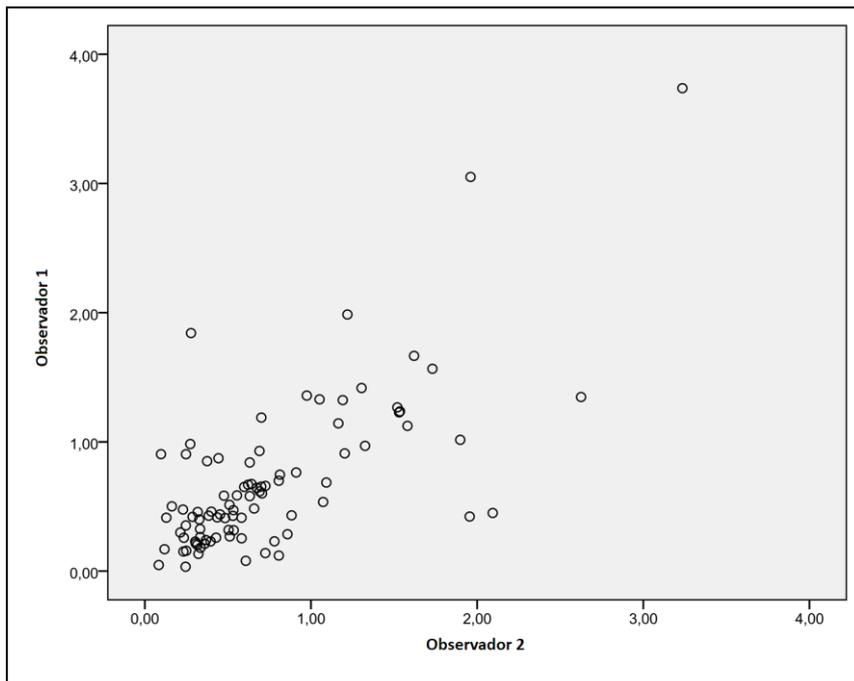
Aunque el valor medio de los coeficientes de variación interobservador no superan el 1,7%, son ligeramente mayores a los obtenidos en la variabilidad intraobservador, con diferencia estadísticamente significativa  $p < 0.001$ .

Para determinar si los valores del coeficiente de variación de cada medida realizada tenían una distribución al azar propia de la variabilidad de los *Métodos* empleados o su valor dependía de la propia medida realizada, en la **Figura 7 y 8** se han representado, respectivamente, para cada *Método* de medida, el coeficiente de variación de ambos observadores para cada uno de los tamaños mesiodistales, anchuras intercaninas, intermolares y para las longitudes de arcada determinados.

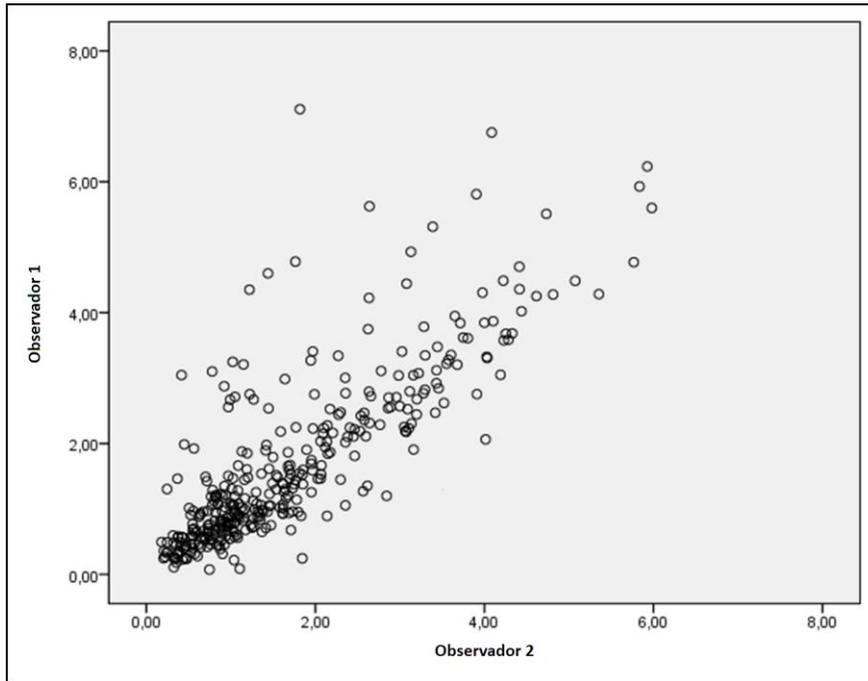
Se puede observar que existe una fuerte correlación entre los coeficientes de variación correspondientes a cada medida efectuada, entre los dos observadores, en ambos *Métodos*. Esto implica que los coeficientes de variación grandes están más ligados a la medida realizada (dificultad de su determinación en la imagen correspondiente) que a la propia variabilidad del método de medida.



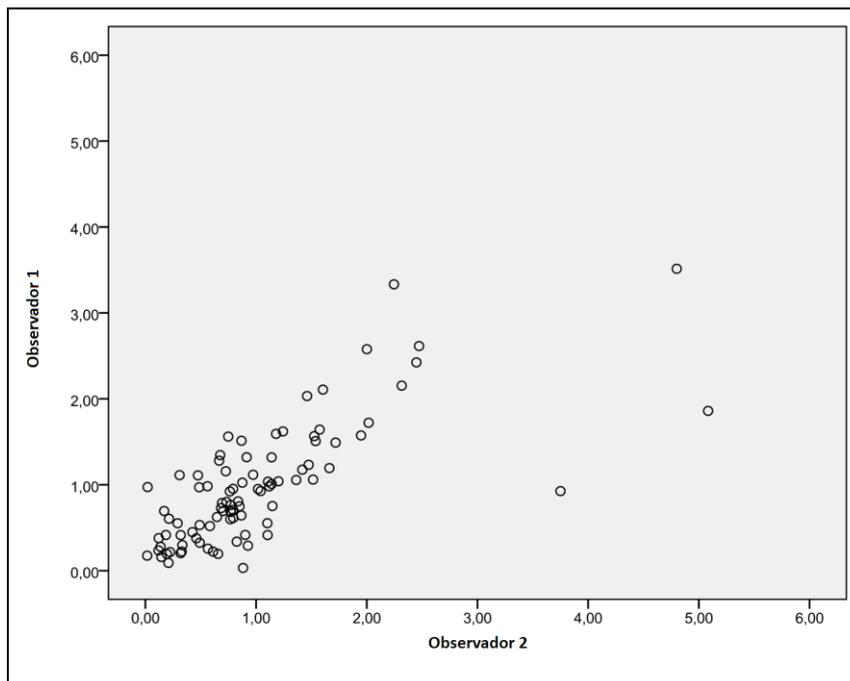
**Figura 7a: Coeficiente de variación en los tamaños dentarios (en %) de ambos observadores para los tamaños dentarios mediante el Método Tridimensional.  $R= 0.785$ .**



**Figura 7b: Coeficiente de variación en la anchura bicanina, bimolar y longitud de arcada (en %) de ambos observadores mediante el Método Tridimensional.  $R= 0.704$ .**

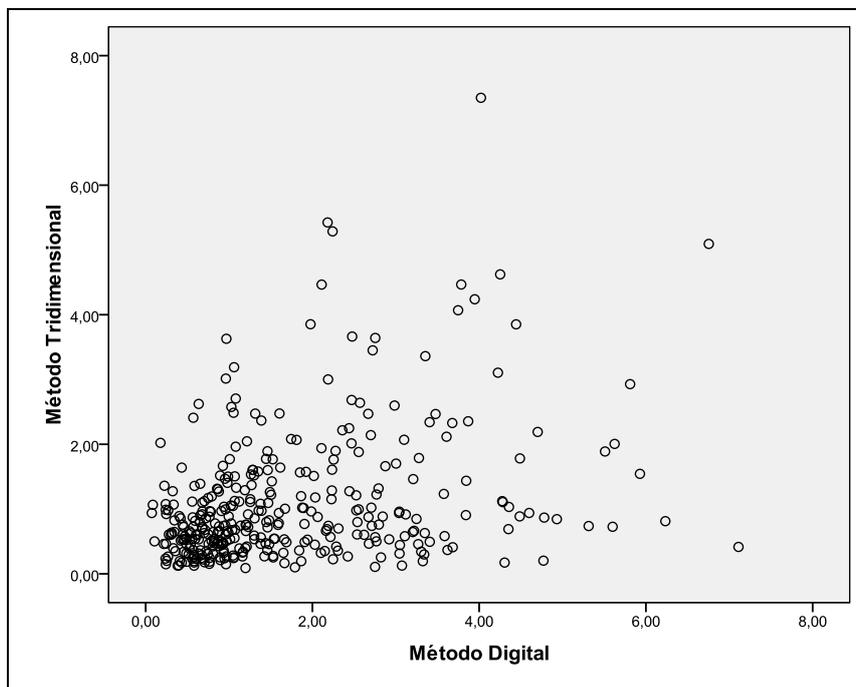


**Figura 8a: Coeficiente de variación en los tamaños dentarios (en %) de ambos observadores para los tamaños dentarios mediante el Método Digital.  $R= 0.818$**

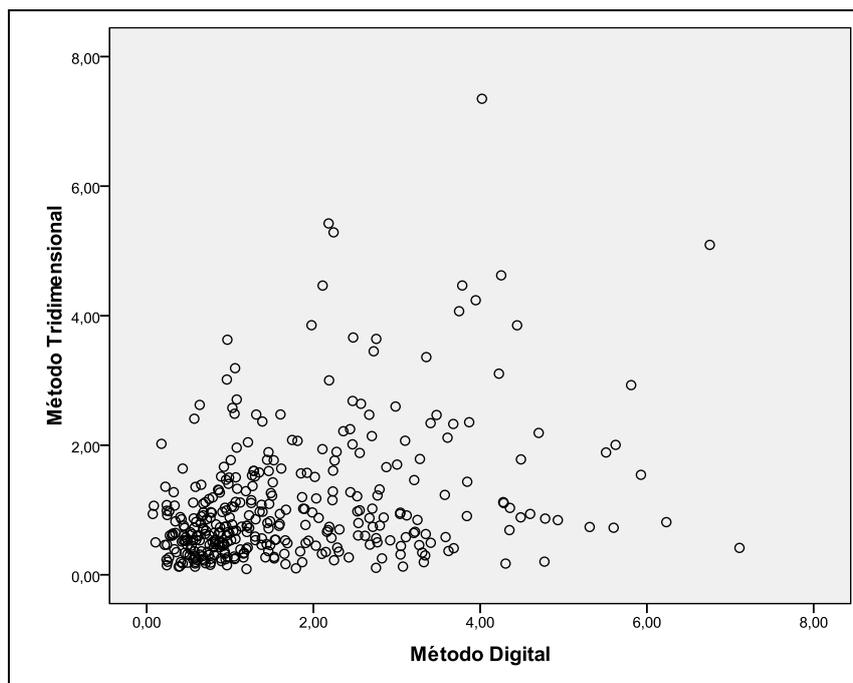


**Figura 8b: Coeficiente de variación en la anchura bicanina, bimolar y longitud de arcada de ambos observadores mediante el Método Digital.  $R=0.731$ .**

Así mismo se compararon los coeficientes de variación obtenidos por cada *Método* para cada medida. Los resultados se muestran en la **Figura 9**. En este caso, los coeficientes de correlación son mucho menores que los encontrados en el estudio anterior. Así, se obtiene un valor de  $R=0.347$  con baja significación estadística  $p=0.21$  para el caso de los tamaños dentarios y un valor de  $R=0.119$ , sin significación estadística ( $p=0.265$ ).



**Figura 9a. Coeficientes de variación obtenidos con cada Método de medida, Tridimensional frente a Digital, para las determinaciones realizadas sobre los tamaños mesiodistales ( $R=0.347$ ).**



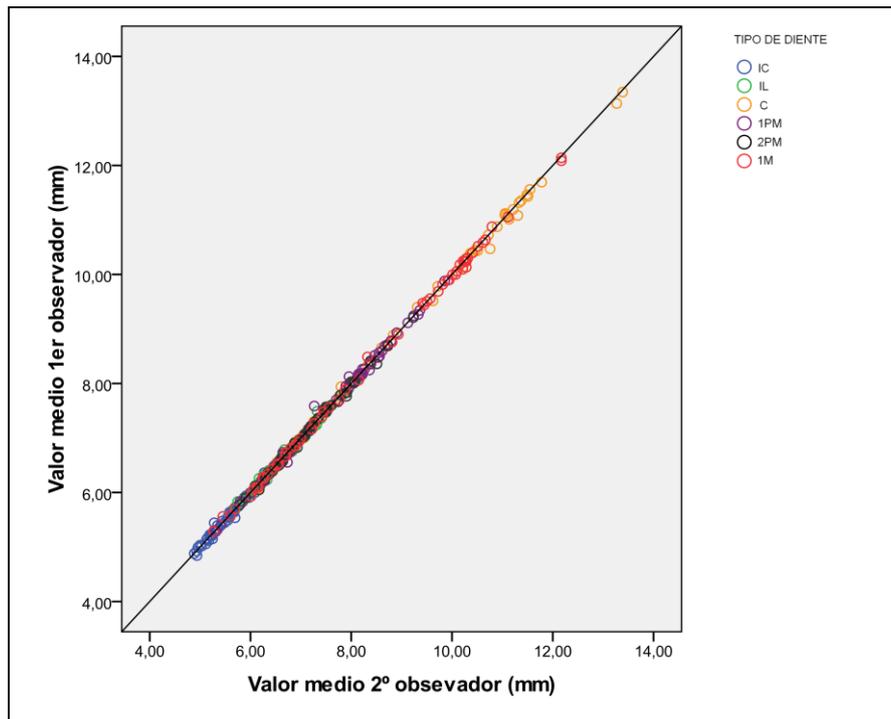
**Figura 9b. Coeficientes de variación obtenidos con cada Método de medida, Tridimensional frente a Digital, para las distancias intercanina, intermolar y longitud de arcada ( $R=0.119$ ).**

Ahora bien si se comparan los valores medios de los coeficientes de variación obtenidos con ambos métodos, puede observarse que el *Método Tridimensional* presenta menores valores medios de los coeficientes de variación que el *Digital*, tanto para las distancias: 0,69% frente a 0,97% con diferencia estadísticamente significativa ( $p<0,02$ ) como para los tamaños mesiodistales: 1,08% frente a 1,70% con  $p<0,0001$ .

Una vez valorados los errores intraobservador e interobservador, nos vamos a centrar en estudiar si la posible diferencia de las medidas directas determinadas por ambos observadores, con el *Método Tridimensional*, podía llegar a ser suficientemente grande como para que los valores determinados por uno u otro observador pudieran afectar a

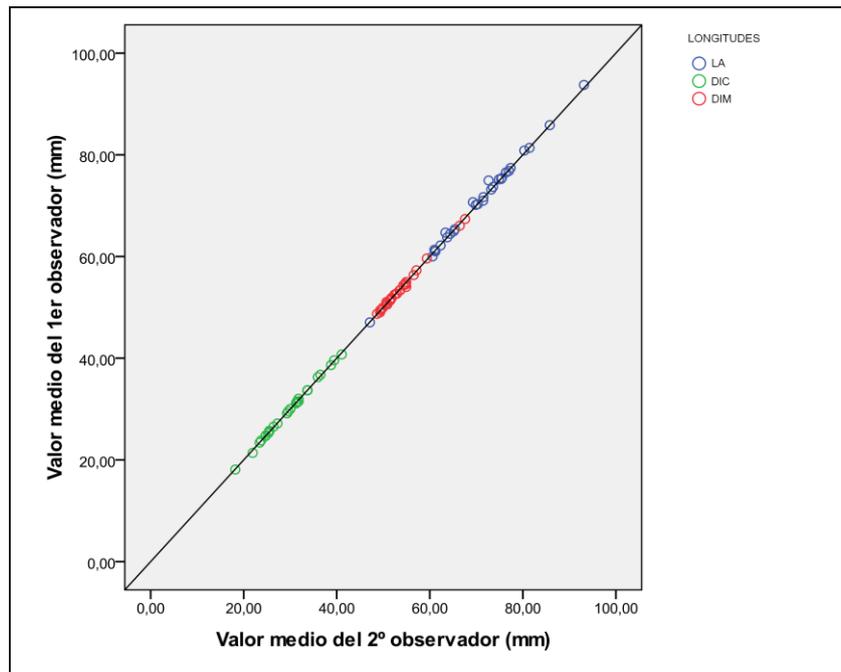
la valoración clínica de la medida efectuada. Para ello, se determinó las medias de ambos observadores para todas y cada una de las medidas directas y se compararon los resultados de cada medida obtenidos por cada observador.

Así, en la **Figura 10** están representados los valores de cada una de las medidas directas realizada por cada observador sobre los tamaños dentarios. Podemos observar que los valores de los tamaños dentarios se distribuyen sobre una recta de pendiente 1'002, IC95% (0'998/1'003) y ordenada en el origen -0.028 IC95%(-0'05/0'007) y con un coeficiente de correlación  $r=0'999$ . Como se ha comentado en el apartado de métodos estadísticos, dado que el IC95% de la pendiente y la ordenada en el origen incluyen, respectivamente el 1 y el 0, los IC95% de ambas magnitudes son muy estrechos y el coeficiente de correlación es muy cercano a 1, podemos afirmar que existe una gran concordancia entre los valores determinados por ambos observadores para los tamaños dentarios.



**Figura 10: Distribución de las medias de los tamaños dentarios realizadas por ambos observadores mediante el Método Tridimensional.**

En la **Figura 11** correspondiente a la comparación de las medias de la longitud de arcada, anchura intercanina e intermolar determinadas por cada observador, puede observarse que, en este caso, los puntos están en una recta de pendiente 0,995 IC95%(0,992/0,998) y ordenada en el origen 0,024 IC95%(0,000/0,049) y con un coeficiente de correlación  $r > 0,999$ . En este caso el IC95% de la pendiente no llega a incluir el 1 lo que indica un ligerísima tendencia a que las medidas realizadas por el observador 2 sean mayores que las del observador 1.



**Figura 11: Distribución de las medias de las medidas longitud de arcada, anchura intercanina e intermolar realizadas por ambos observadores mediante el Método Tridimensional.**

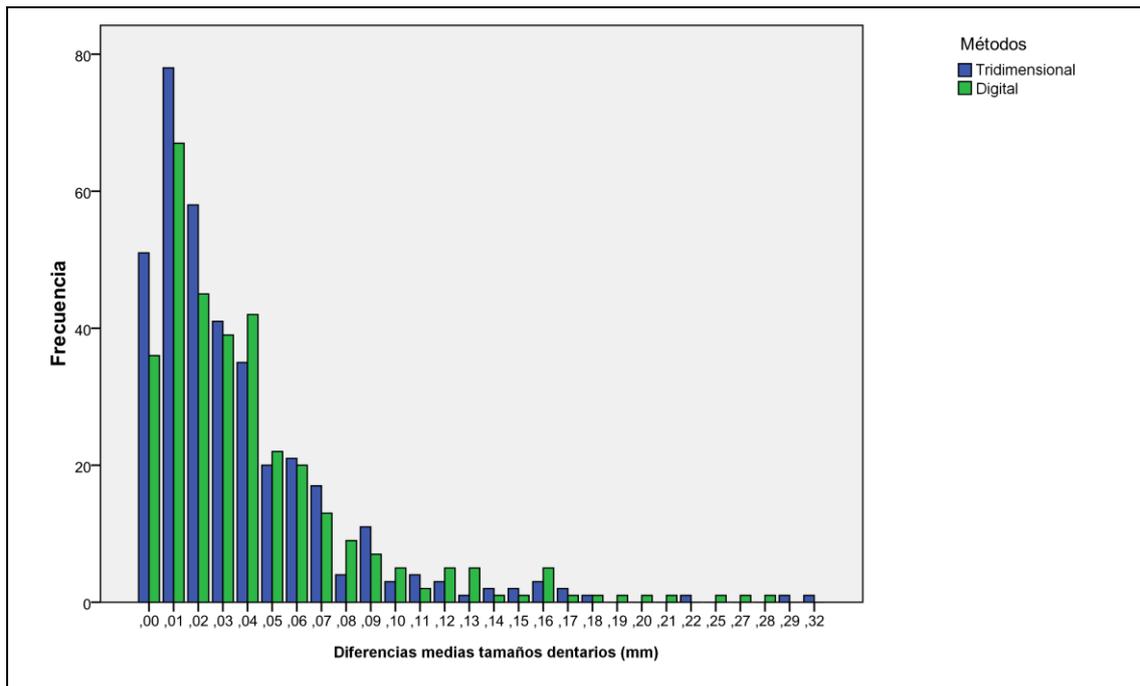
Para valorar precisamente esa ligera discrepancia entre los dos observadores en la medida de las distancias intercanina, intermolar y longitud de arcada, se ha analizado para todas las medidas directas las diferencias entre los valores obtenidos por ambos observadores para el *Método Tridimensional* y para el *Digital*, a efectos de comparación. En la **Tablas V** podemos observar las diferencias mínimas y máximas entre ambos observadores en milímetros. La máxima diferencia de las medias es de 0,32 mm para los tamaños dentarios y de 2,32 mm, para las distancias de mayor magnitud correspondientes a distancia intercanina, intermolar o longitud de arcada.

No obstante, como puede apreciarse no existe diferencia entre ambos métodos en las discrepancias interobservador.

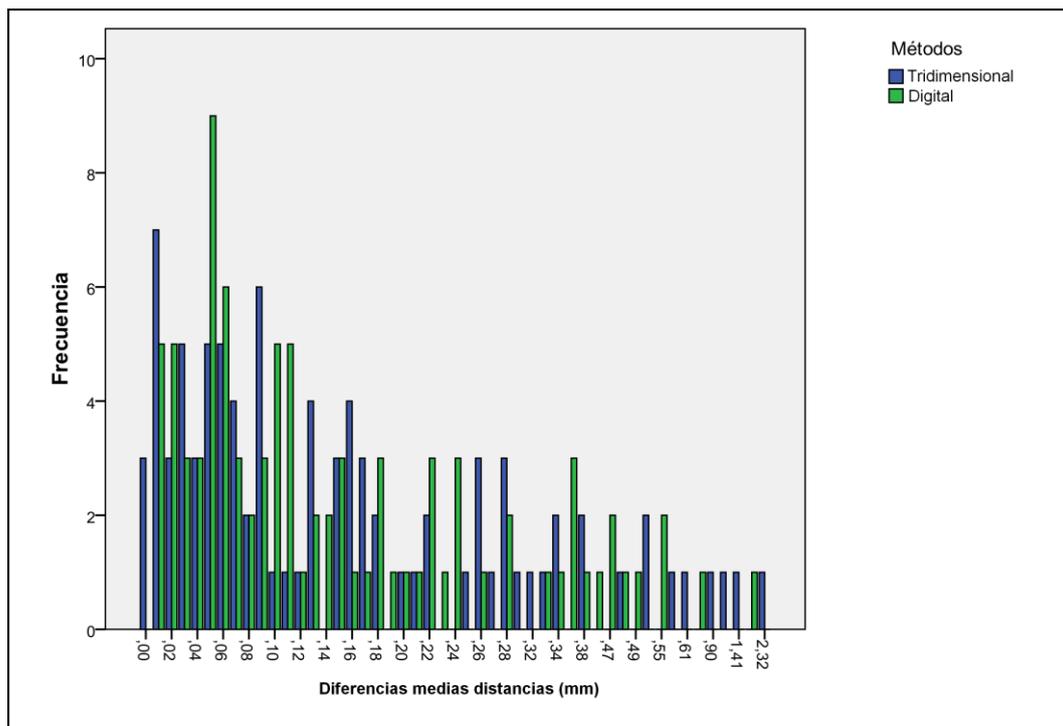
DIFERENCIA DE LAS MEDIAS	NÚMERO MEDIDAS	MÉTODO TRIDIMENSIONAL			MÉTODO DIGITAL		
		MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
TAMAÑO DENTARIO	1080	0	0,32	0,04	0	0,28	0,04
DISTANCIAS	270	0	2,32	0,2	0,01	1,53	0,17

**Tabla V: Diferencia de las medias de las medidas directas realizadas por ambos observadores mediante ambos Métodos.**

A pesar de las pequeñas discrepancias interobservador, resulta de interés observar la distribución de las diferencias de las medias para las medidas del tamaño dentario en ambos *Métodos* (**Figuras 12 y 13**), en las que puede observarse para ambos *Métodos* el gran número de casos en los que la diferencia entre observadores no supera el valor 0,1 mm, tanto para los tamaños mesiodistales como para las distancias, mostrando así la buena repetitividad interobservador del *Método Tridimensional*, similar a la del *Método Digital*, pero ligeramente mejor.



**Figura 12: Distribución de las diferencia de las medias de los tamaños dentarios realizadas por ambos observadores con ambos Métodos.**



**Figura 13: Distribución de las diferencia de las medias de las distancias medidas por ambos observadores con ambos Métodos.**

## **V.2- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS DOS MÉTODOS DE MEDICIÓN EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS E INDIRECTAS.**

Para analizar el estudio de la fiabilidad del *Método Tridimensional* de medición introducido en este trabajo se analizó y comparó la correlación existente entre los resultados de las diferentes medidas obtenidas para cada uno de los 50 CBCT de los pacientes seleccionados para este trabajo. En este caso también se tomó como referencia el *Método Digital*, como en el apartado anterior, pero para esta parte del estudio, cada modelo sólo se ha medido una vez por ambos métodos, buscando así reproducir la forma que en la práctica clínica cabe suponer que se realizan las medidas.

Hemos distinguido en este estudio entre medidas directas e indirectas.

Las medidas directas son, como ya se ha comentado con anterioridad, aquéllas que se obtienen con mediciones sobre los dientes por ambos *Métodos*, mientras que las indirectas son aquéllas resultantes de diversos cálculos sobre los datos anteriores, por lo que la sensibilidad y exactitud de las indirectas viene marcado por los alcanzados en las directas, pero resulta de interés valorar su repercusión en el valor final de la magnitud.

Por ello, para analizar los datos valores obtenidos por ambos procedimientos y para cada una de las medidas directas e indirectas realizadas, se procedió según el siguiente esquema, similar al utilizado para valorar el error interobservador:

- En primer lugar, se estudió la recta de regresión correspondiente a cada magnitud directa, representando en el eje vertical “y” los datos obtenidos con

el *Método Tridimensional* mientras que los datos obtenidos con el *Método Digital* se localizaron en el eje de las "x", eje horizontal de cada una de las gráficas realizadas.

Se determinaron los coeficientes de la regresión (pendiente y ordenada en el origen) junto con sus límites de confianza del 95% y así mismo, se obtuvo el correspondiente coeficiente de correlación.

- Posteriormente y para valorar la posible discrepancia entre los dos *Métodos* de medición se realizó una t de Student para medidas apareadas comprobando la hipótesis nula de que la media de las diferencias entre los valores obtenidos por un *Método* y el otro era 0, lo que equivale a decir que no hay un sesgo en la determinación de los valores, sino que las discrepancias eran debidas al azar en todos los casos, frente a la hipótesis alternativa de que los dos *Métodos* ofrezcan medidas diferentes.

Por tanto, calculamos las medias, los intervalos de confianza, las desviaciones estándar y las máximas discrepancias de cada una de las diferencias entre los valores obtenidos con ambos *Métodos*.

Además estos mismos valores se han representado en diagramas de barras.

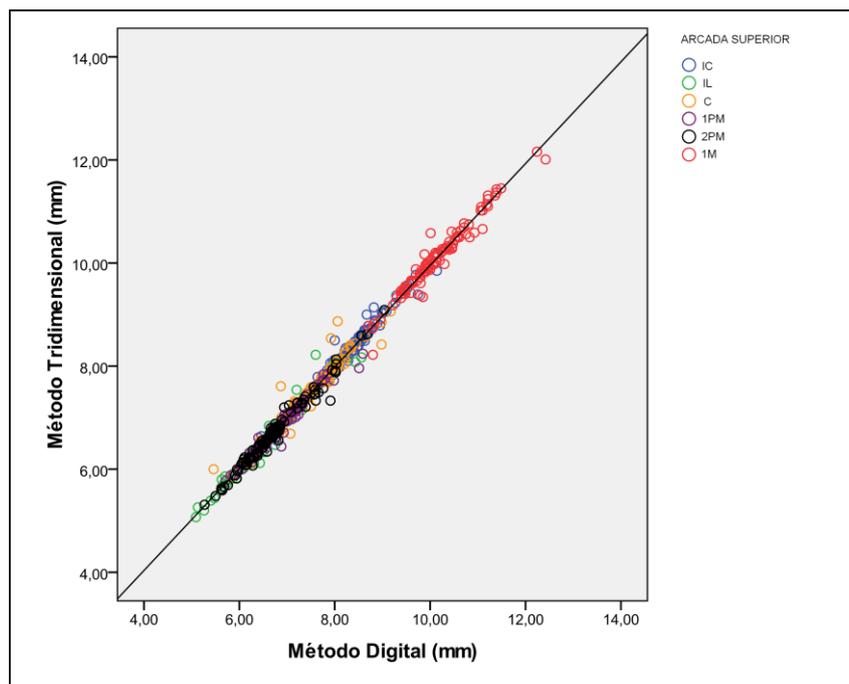
**V.2.1- MEDIDAS DIRECTAS.**

**V.2.1.1- TAMAÑOS MESIODISTALES DENTARIOS**

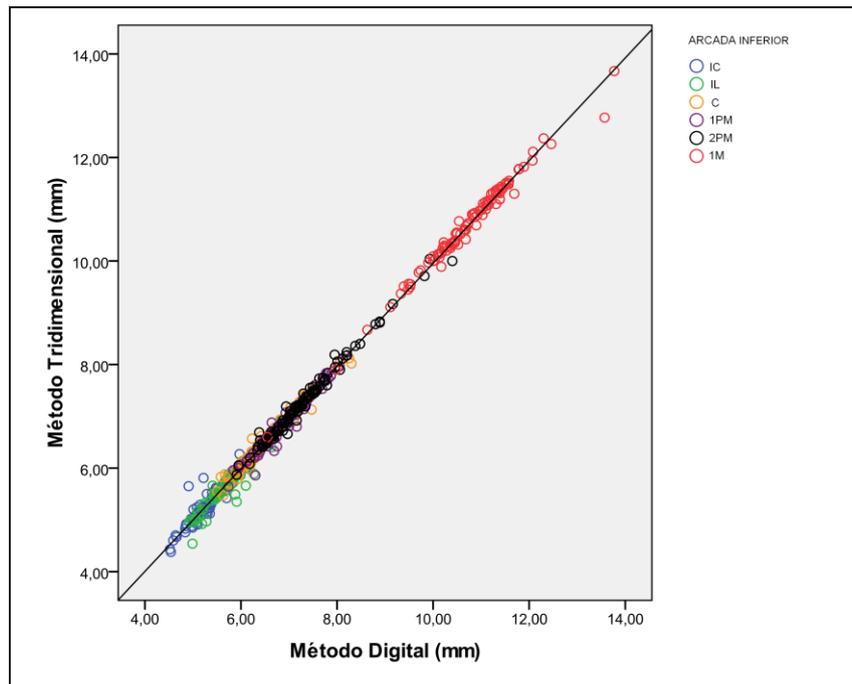
La primera medida directa y base de nuestro trabajo es el tamaño mesiodistal de los dientes.

Hemos realizado dos gráficas de regresión lineal, una para los tamaños dentarios de la arcada superior y otra para los de la arcada inferior representadas en las **Figura 14 y 15** respectivamente.

En dichas gráficas, cada uno de los grupos dentarios se representa de un color diferente a lo largo de las rectas de regresión.



**Figura 14: Gráfica de regresión lineal. Tamaños dentarios arcada superior por ambos Métodos de medición.**



**Figura 15: Gráfica de regresión lineal. Tamaños dentarios arcada inferior por ambos Métodos de medición.**

En la **Tabla VI y VII**, observamos que para el canino superior, primer premolar superior, canino inferior, segundo premolar inferior y primer molar inferior, los IC95% de la pendiente y la ordenada en el origen no contienen ni el 1 ni el 0 respectivamente, indicando que, realizando una sola medida de la magnitud, para estos diente, no pueden considerarse equivalentes ambos métodos de medida.

ARCADA SUPERIOR	ORDENADA ORIGEN	INTERVALO CONFIANZA	PENDIENTE	INTERVALO CONFIANZA	r-PEARSON
I.CENTRAL	0,279	-0,032/0,590	0,967	0,930/1,004	0,982
I.LATERAL	0,161	-0,073/0,396	0,975	0,940/1,010	0,984
CANINO	0,423	0,040/0,807	0,944	0,893/0,995	0,965
1º PREMOLAR	0,536	0,298/0,775	0,917	0,882/0,952	0,983
2º PREMOLAR	0,167	-0,034/0,368	0,972	0,942/1,001	0,989
MOLAR	0,276	-0,151/0,702	0,968	0,927/1,010	0,978
<b>TOTAL</b>	<b>0,086</b>	<b>0,029/0,143</b>	<b>0,987</b>	<b>0,980/0,994</b>	<b>0,996</b>

**Tabla VI: Ordenadas en el origen, pendientes y coeficientes de correlación tamaños dentarios arcada superior.**

ARCADA INFERIOR	ORDENADA ORIGEN	INTERVALO CONFIANZA	PENDIENTE	INTERVALO CONFIANZA	r-PEARSON
I.CENTRAL	0,131	-0,241/0,502	0,976	0,906/1,045	0,943
I.LATERAL	-0,026	-0,335/0,282	0,999	0,946/1,052	0,967
CANINO	0,243	0,041/0,445	0,963	0,933/0,994	0,988
1º PREMOLAR	0,150	-0,093/0,394	0,974	0,939/1,009	0,984
2º PREMOLAR	0,174	0,006/0,341	0,974	0,951/0,997	0,993
MOLAR	0,480	0,231/0,729	0,952	0,929/0,975	0,993
<b>TOTAL</b>	<b>0,035</b>	<b>0,000/0,070</b>	<b>0,992</b>	<b>0,988/0,997</b>	<b>0,998</b>

**Tabla VII: Ordenadas en el origen, pendientes y coeficientes de correlación tamaños dentarios arcada inferior.**

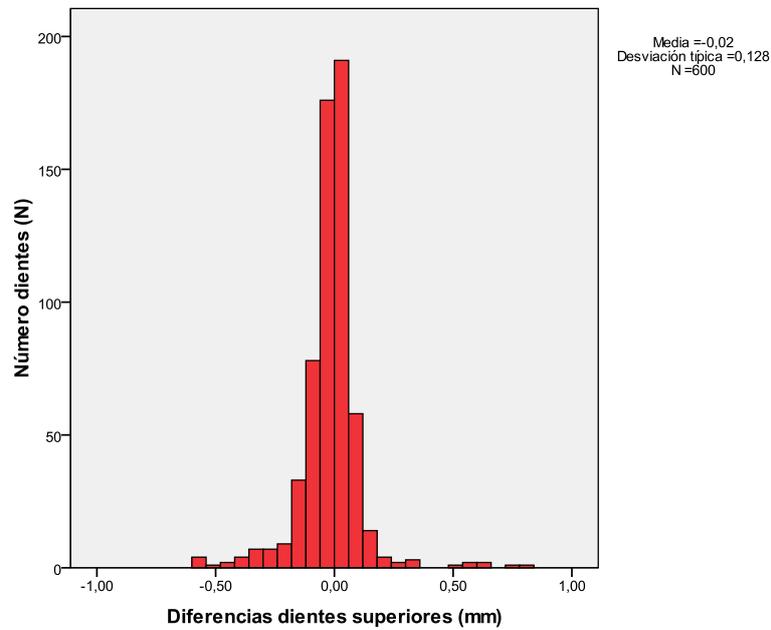
Ante esta discrepancia, a continuación, se analizó diente a diente la diferencia del valor de los tamaños mesiodistales determinado por uno u otro *Método* de medición. Los valores medios de estas diferencias se recogen en la **Tabla VIII**, donde además mostramos sus correspondientes intervalos de confianza, desviaciones típicas y valores máximos de las discrepancias entre los dos *Métodos*, considerando tanto las discrepancias por exceso con valores positivos como por defecto con valores negativos, para valorar qué *Método* muestra valores mayores.

DIFERENCIAS TAMAÑOS MÉTODO TRIDIMENSIONAL-DIGITAL					
ARCADA	DIENTES	MEDIA	INTERVALO	SD	MAX.DISCREPANCIAS
SUPERIOR	I.CENTRAL	0,003	-0,018/0,024	0,108	-0,35/0,50
	I.LATERAL	-0,007	-0,031/0,017	0,119	-0,39/0,42
	CANINO	0,007	-0,026/0,041	0,169	-0,56/0,61
	1º PREMOLAR	-0,029	-0,049/0,009	0,101	-0,55/0,21
	2º PREMOLAR	-0,023	-0,043/-0,002	0,105	-0,58/0,26
	MOLAR	-0,046	-0,076/-0,167	0,148	-0,58/0,57
	<b>TOTAL</b>	<b>-0,016</b>	<b>-0,026/-0,005</b>	<b>0,128</b>	<b>-0,58/0,61</b>
INFERIOR	I.CENTRAL	-0,000	-0,026/0,025	0,130	-0,28/0,54
	I.LATERAL	-0,032	-0,057/-0,007	0,125	-0,56/0,25
	CANINO	0,000	-0,018/0,019	0,092	-0,34/0,34
	1º PREMOLAR	-0,030	-0,049/-0,011	0,098	-0,44/0,24
	2º PREMOLAR	-0,017	-0,036/0,002	0,095	-0,40/0,31
	MOLAR	-0,032	-0,056/-0,008	0,121	-0,60/0,23
	<b>TOTAL</b>	<b>-0,018</b>	<b>-0,027/-0,009</b>	<b>0,111</b>	<b>-0,60/0,54</b>

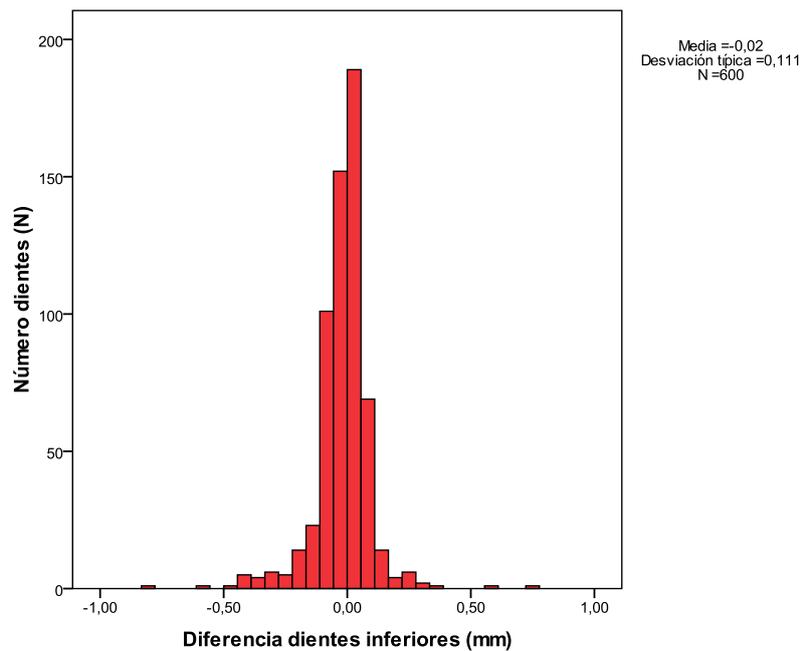
**Tabla VIII: Diferencias medias tamaños dentarios ambos Métodos de medición.**

Si analizamos cada diente de forma independiente, vemos que existen diferencias de valoración por ambos Métodos en el segundo premolar superior, primer molar superior, incisivo lateral inferior, segundo premolar inferior y primer molar inferior, no obstante esas diferencias son menores a 0,34mm excepto en el caso del canino superior que es menor a 0,61mm.

Sin embargo, y a pesar de lo indicado de no equivalencia entre los *Métodos* de medida, las discrepancias de valores obtenidos entre ambos métodos no supera los 0,6 mm, y en las **Figura 16 y 17**, comprobamos como la mayoría de las diferencias de los tamaños de la totalidad de todos los dientes, 1080 dientes, se concentran en la parte central del diagrama, es decir en intervalo correspondiente a diferencias de  $\pm 0,1$  mm.

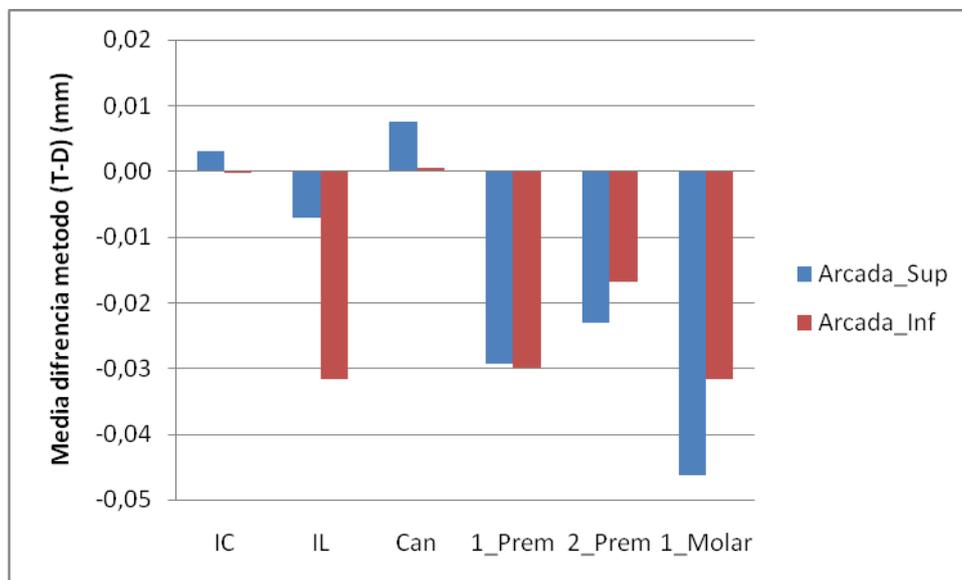


**Figura 16: Diferencias de las medidas de los tamaños dentarios arcada superior medidos por ambos Métodos de medición.**



**Figura 17: Diferencias de las medidas de los tamaños dentarios arcada inferior medidos por ambos Métodos de medición.**

En la **Figura 18** mostramos la media de la diferencia de tamaños dentarios en ambas arcadas, para cada tipo de diente, en la que puede observarse gráficamente lo indicado respecto a los dientes con mayor diferencia de valoración según el *Método* utilizado, aunque la diferencia sea pequeña, tal y como se ha comentado anteriormente y que en valores medios no llega a las 5 centésimas de milímetro. Por otro lado, pudo demostrarse que no existía diferencia estadísticamente significativas ( $p>0.144$ ) entre las valoraciones en ambas arcadas.



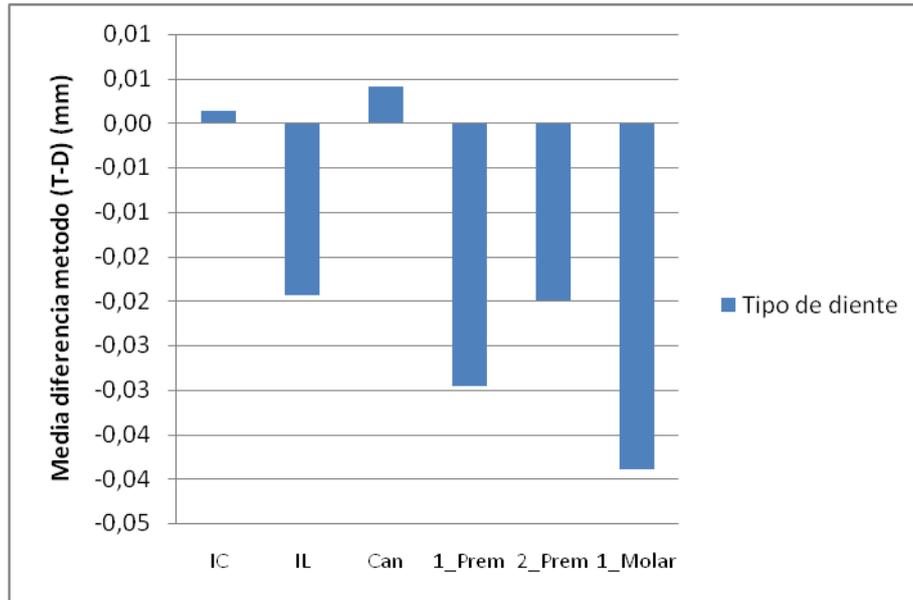
**Figura 18: Media de la diferencia de los tamaños dentarios entre ambos Métodos de medición (Método Tridimensional-Método Digital). En todos los casos  $p>0.144$ .**

Si consideramos, por tanto, el tipo de diente con independencia de la arcada en la que se encuentre, podemos valorar qué dientes presentan menor o mayor diferencia de valoración entre los dos *Métodos* analizados.

En la **Tabla IX** y la **Figura 19** se muestra el resultado del análisis realizado sobre estas diferencias promedio y se puede afirmar que el incisivo central y el canino son los dientes que menor diferencia de valoración presentan entre ambos *Métodos*, mientras que el primer molar es el que tiene mayor diferencia de medición, con diferencia estadísticamente significativa entre ellos. El resto de dientes: incisivo lateral, primer premolar y segundo premolar presentan diferencias entre ambos métodos sin diferencia estadísticamente significativa ni con los incisivos y caninos ni con los molares.

Tipo de diente	Incisivo Central	Incisivo Lateral	Canino	1_Premolar	2_Premolar	1_Molar
Media	0,001 <sup>b</sup>	-0,019 <sup>ab</sup>	0,004 <sup>b</sup>	-0,030 <sup>ab</sup>	-0,020 <sup>ab</sup>	-0,039 <sup>a</sup>

**Tabla IX. Media de las diferencias de los tamaños dentarios entre ambos Métodos de medición (Método Tridimensional-Método Digital). a>b con diferencia estadísticamente significativa  $p<0,05$ .**



**Figura 19: Media de la diferencia de los tamaños dentarios de ambas arcadas entre ambos Métodos de medición (Método Tridimensional-Método Digital).**

**V.2.1.2- ANCHURA INTERCANINA, INTERMOLAR Y LONGITUD DE ARCADA.**

En las *Tablas X, XI y XII* mostramos los resultados para las anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada correspondientes a la arcada superior e inferior medidos por ambos *Métodos* de medición.

PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL		PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL	
	SUP	INF	SUP	INF		SUP	INF	SUP	INF
1	39,05	31,31	42,41	32,76	26	33,77	22,06	33,55	22,29
2	33,90	26,61	34,22	26,16	27	39,08	24,87	39,3	24,63
3	33,58	25,33	33,55	24,47	28	33	25,95	33,38	25,33
4	29,94	21,19	28,97	21,70	29	31,6	25,07	31,69	25,24
5	38,68	23,50	38,37	23,01	30	31,15	23,11	31,17	23,73
6	17,93	23,91	17,64	23,77	31	33,2	25,35	32,7	25,48
7	33,60	31,32	34,11	30,40	32	31,46	25,63	31,91	25,99
8	39,15	28,96	38,23	28,74	33	32,99	23,63	32,47	23,81
9	31,25	24,78	30,00	24,47	34	37,3	23,59	37,5	23,35
10	36,53	32,04	36,47	32,02	35	34,08	25,11	34,81	24,51
11	31,66	25,48	32,04	25,17	36	28,66	22,52	28,19	22,87
12	36,80	25,79	36,59	25,47	37	28,74	25,14	28,92	25,9
13	31,03	27,13	30,90	27,16	38	32,68	25,3	32,67	25,39
14	29,56	25,58	28,49	25,51	39	36,4	28,75	35,97	28,67
15	31,26	24,72	31,84	24,50	40	30,82	24,95	30,11	24,56
16	32,89	24,05	32,99	24,03	41	32,08	28,8	32,03	28,03
17	38,14	32,06	38,50	32,51	42	35,03	23,23	34,42	20,06
18	31,99	23,97	30,84	23,85	43	34,08	24,94	34	25,75
19	33,50	25,44	33,72	25,82	44	37,55	28,24	34,67	28,7
20	33,67	24,80	33,37	25,42	45	36,04	28,14	35,29	27,99
21	30,86	21,96	31,23	22,89	46	35,03	23,56	34,64	23,78
22	33,52	26,32	33,65	26,7	47	29,92	24,45	31,25	24,03
23	32,46	26,29	32,56	26,12	48	30,84	24,71	29,6	24,86
24	33,81	27,7	33,17	27,49	49	35,48	26,89	34,79	27,54
25	33,61	26,65	33,48	25,97	50	32,56	26,32	32	26,17

**Tabla X: Resultados Anchuras intercaninas arcada superior (SUP) e inferior (INF) por cada uno de los Métodos.**

PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL		PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL	
	SUP	INF	SUP	INF		SUP	INF	SUP	INF
1	66,52	66,23	67,35	67,61	26	47,89	47,32	47,85	47,18
2	55,95	51,36	56,17	51,12	27	56,9	53,96	56,36	53,14
3	51,94	53,55	51,07	52,46	28	54,92	49,77	54,06	49,61
4	51,74	49,38	50,78	49,49	29	53,63	45,94	53,02	45,9
5	54,93	48,64	54,12	48,11	30	52,38	52,16	50,87	51,76
6	51,35	52,89	53,12	52,46	31	58,09	52,66	57,58	53,62
7	53,27	50,50	53,58	50,64	32	49,18	45,27	49,36	45,92
8	59,46	56,54	59,27	56,77	33	49,06	45,21	49,05	45,95
9	49,68	49,54	49,70	49,46	34	53,72	49,62	54,51	49,75
10	54,57	52,87	54,50	53,67	35	50,9	45,82	50,24	44,83
11	52,19	51,45	52,34	51,42	36	48,17	44,08	48,19	44,11
12	49,88	51,44	50,10	51,72	37	49,91	50,77	49,63	51,14
13	56,36	49,03	56,47	49,52	38	51,38	49,3	51,24	49,41
14	54,42	53,53	54,81	52,05	39	57,75	54,65	57,35	54,52
15	50,93	54,03	50,81	54,03	40	52,74	51,54	51,82	50,89
16	59,30	54,30	58,55	49,99	41	50,24	54,3	50,36	54,3
17	53,79	51,80	53,53	51,85	42	49,51	51,01	48,71	51,25
18	49,68	48,23	49,72	48,61	43	55,65	53,81	55,62	51,77
19	53,77	53,12	53,04	52,36	44	59,86	56,55	59,69	57,84
20	54,91	56,09	54,12	55,82	45	57,08	54,82	57,13	53,24
21	59,18	55,98	58,66	53,34	46	53,7	50,34	53,87	50
22	55,21	54,48	54,76	54,32	47	50,5	50,47	50,72	50,46
23	55,31	53,37	55,91	53,15	48	47,28	55,11	44,95	55,23
24	60,61	55,79	59,05	55,02	49	58,45	51,65	61,36	51,89
25	54,1	52,75	53,7	52,1	50	57,06	52,93	58,25	52,18

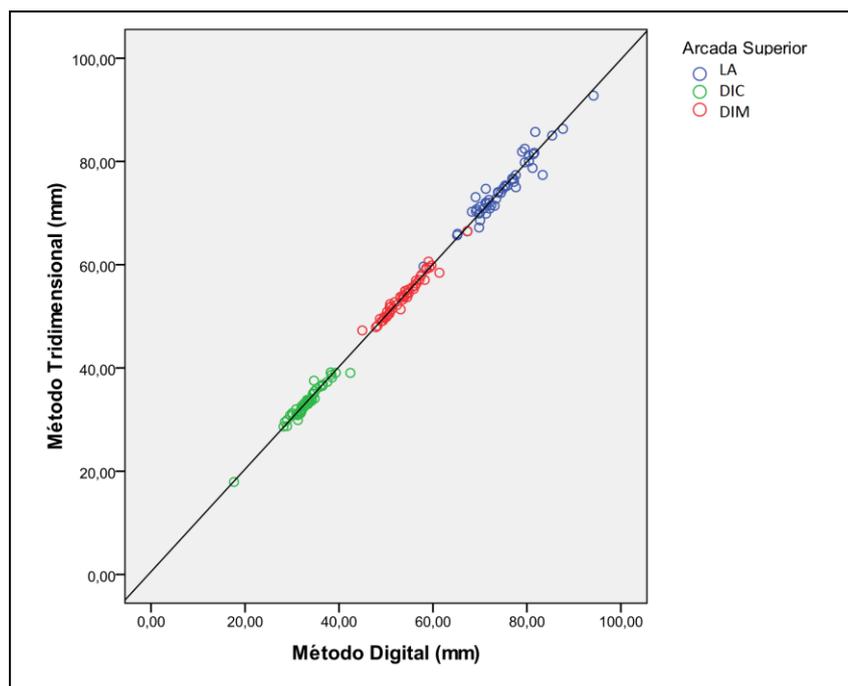
**Tabla XI: Resultados Anchuras intermolares arcada superior (SUP) e inferior (INF) por cada uno de los Métodos.**

PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL		PACIENTE	TRIDIMENSIONAL		DIGITAL	
	SUP	INF	SUP	INF		SUP	INF	SUP	INF
1	92,75	76,73	94,18	77,25	26	68,59	58,81	70,04	58,41
2	76,60	65,47	77,17	65,58	27	79,82	64,03	79,55	63,69
3	75,29	70,52	75,81	70,19	28	71,54	59,71	72,43	58,66
4	73,94	63,68	73,92	64,59	29	75,08	66,24	75,29	66,97
5	74,07	61,04	73,84	61,36	30	70,26	59,53	68,29	60,99
6	71,84	47,00	71,38	46,88	31	73,91	61,73	74,47	62,49
7	71,22	61,10	70,01	62,19	32	70,37	57,6	69,14	57,74
8	85,02	74,60	85,38	70,19	33	71,42	58,65	73,12	61,78
9	70,00	60,95	69,98	61,06	34	80,01	61,86	80,43	61,04
10	81,67	75,05	81,57	75,39	35	70,87	61,91	72,04	62,01
11	69,90	61,76	69,80	61,65	36	65,99	55,19	65,25	54,72
12	81,41	62,52	81,37	62,88	37	65,7	55,54	65,15	55,72
13	75,37	65,22	75,41	65,41	38	72,56	54,2	71,91	56,71
14	77,36	63,33	77,62	63,75	39	81,22	68,37	80,39	69,68
15	76,70	64,31	76,87	64,39	40	69,91	60,99	71,31	61,17
16	72,78	58,87	73,44	59,10	41	75	67,95	77,65	70,79
17	70,90	62,27	70,82	62,43	42	66,46	60,92	67,31	58,86
18	74,71	64,53	74,92	64,68	43	67,21	62,84	69,82	60,64
19	75,20	63,20	75,29	63,17	44	85,72	68,95	81,77	68,07
20	72,00	61,03	72,05	61,13	45	78,74	62,23	81,19	62,92
21	82,46	75,63	79,54	73,27	46	72,01	59,36	71,21	58,48
22	73,10	61,51	69,08	61,02	47	70,74	64,42	69,28	63,88
23	76,04	62,56	77,24	62,56	48	59,65	72,2	58	72,5
24	81,89	69,45	78,97	68,97	49	86,32	66,59	87,66	65,17
25	74,7	63,31	71,24	62,51	50	77,39	63,52	83,35	62,37

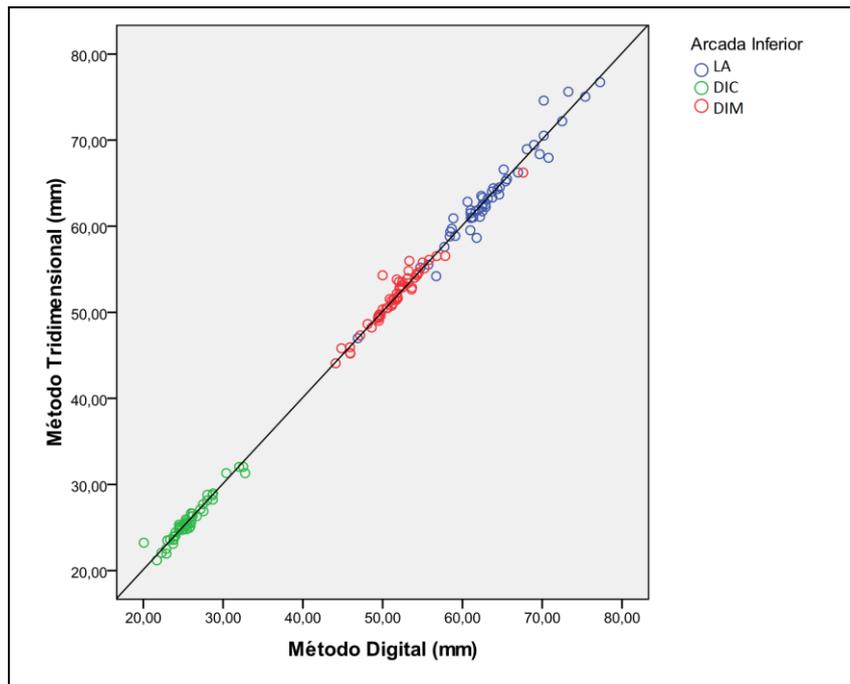
**Tabla XII: Resultados Longitudes de arcada superior (SUP) e inferior (INF) por cada uno de los Métodos.**

Siguiendo el protocolo presentado al inicio de esta sección, hemos realizado una gráfica de regresión lineal conjunta para las anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada de la arcada superior y de la arcada inferior, representadas en las **Figuras 20 y 21**, respectivamente.

Los coeficientes de correlación son muy similares,  $r=0,974$ ,  $r=0,980$  y  $r=0,960$ , respectivamente para las anchuras intercaninas, las anchuras intermolares, longitudes de arcada y si se consideran todos los valores en su conjunto  $r=0,998$ , para el caso de la arcada superior y  $r=0,967$ ,  $r=0,968$ ,  $r=0,975$  y  $r=0,998$ , para las anchuras intercaninas, las anchuras intermolares, longitudes de arcada y la totalidad de los valores para la arcada inferior, respectivamente.



**Figura 20: Gráfica de regresión lineal. Anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada ambos Métodos de medición. Arcada Superior.**



**Figura 21: Grafica de regresión lineal. Anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada ambos Métodos de medición. Arcada Inferior.**

En la **Tabla XIII** en la que se recogen los coeficientes del ajuste de regresión y sus IC95% vemos como, unicamente para la longitud de arcada superior, la anchura intermolar inferior y la longitud de arcada inferior, los intervalos de la ordenada en el origen y de la pendiente de las recta de regresión lineal incluyen el 0 y el 1 respectivamente, mostrando por tanto que para esas magnitud ambos *Métodos* son equivalentes pero no así para las anchuras intercanina superior e inferior e intermolar superior. Ahora bien, las diferencias son muy pequeñas, ya que en el análisis conjunto de todas las medidas (Total) sí que se obtiene equivalencia entre los *Métodos* de medida.

## RESULTADOS

ARCADA SUPERIOR	ORDENADA ORIGEN	INTERVALO CONFIANZA	PENDIENTE	INTERVALO CONFIANZA
ANCHURA INTERCANINA	2,381	0,292/4,469	0,933	0,870/0,995
ANCHURA INTERMOLAR	3,815	0,891/6,739	0,932	0,878/0,986
LONGITUD DE ARCADA	5,654	-0,114/11,421	0,924	0,847/1,001
<b>TOTAL</b>	<b>0,563</b>	<b>-0,057/1,183</b>	<b>0,992</b>	<b>0,981/1,002</b>

ARCADA INFERIOR	ORDENADA ORIGEN	INTERVALO CONFIANZA	PENDIENTE	INTERVALO CONFIANZA
ANCHURA INTERCANINA	1,924	0,083/3,765	0,927	0,856/0,998
ANCHURA INTERMOLAR	2,192	-1,583/5,967	0,963	0,890/1,035
LONGITUD DE ARCADA	-0,500	-4,726/3,726	1,008	0,942/1,075
<b>TOTAL</b>	<b>0,110</b>	<b>-0,374/0,595</b>	<b>1,000</b>	<b>0,990/1,010</b>

**Tabla XIII: Ordenadas en el origen y pendientes Anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada, tanto de la arcada superior como inferior.**

De hecho, en la **Tabla XIV** se muestra que el IC95% de la media de las diferencias de valoración de ambos *Métodos* contiene al 0 en todos los casos, mostrando que en promedio no existe diferencia entre los valores determinados por uno u otro *Método* de medida. Además las medias de las diferencias entre el valor obtenido con el *Método Tridimensional* y el obtenido con el *Método Digital* es como máximo de 4,3 mm en las anchuras y de 5 mm en las longitudes, lo que teniendo en cuenta los elevados valores de varias decenas de milímetros de estas magnitudes implican pequeñas discrepancias entre métodos.

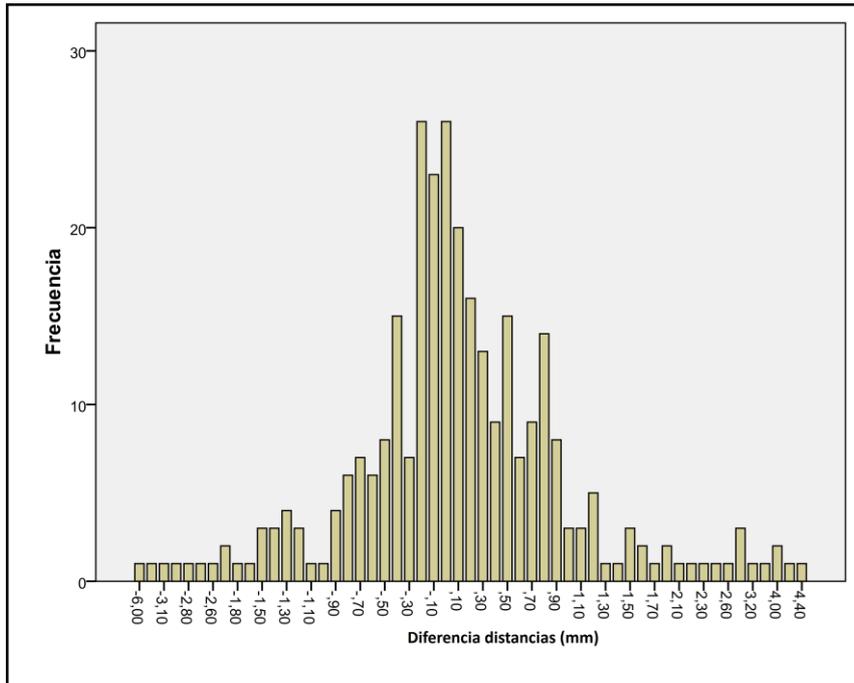
ARCADA SUPERIOR	MEDIA	INTERVALO	SD	MAX. DISCREPANCIAS
ANCHURA INTERCANINA	0,151	-0,484/0,502	0,832	-2,36/2,88
ANCHURA INTERMOLAR	0,159	-0,072/0,392	0,817	-2,91/2,33
LONGITUD DE ARCADA	0,092	-0,0484/0,502	1,1736	-5,96/4,02
<b>TOTAL</b>	<b>0,105</b>	<b>-0,087/0,300</b>	<b>1,202</b>	<b>-5,96/4,02</b>

ARCADA INFERIOR	MEDIA	INTERVALO	SD	MAX. DISCREPANCIAS
ANCHURA INTERCANINA	0,048	-0,140/0,237	0,663	-1,45/3,17
ANCHURA INTERMOLAR	0,259	-0,011/0,530	0,952	-1,38/4,31
LONGITUD DE ARCADA	0,038	-0,314/0,391	1,241	-3,13/4,41
<b>TOTAL</b>	<b>0,115</b>	<b>-0,042/0,273</b>	<b>0,979</b>	<b>-3,13/4,41</b>

**Tabla XIV: Diferencias medias, en milímetros, entre los valores determinados por ambos Métodos de medida (Tridimensional-Digital) para las Anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada de ambas arcadas.**

En la **Figura 22**, tenemos representadas las distribución de las diferencias analizadas anteriormente de ambas arcadas conjuntamente, donde vemos como la mayoría de las diferencias de las anchuras intercaninas, intermolares y longitudes de arcada, se concentran en  $\pm 1$  mm, lo que muestra la escasa diferencia entre los dos *Métodos* de medida, con respecto a estas magnitudes.



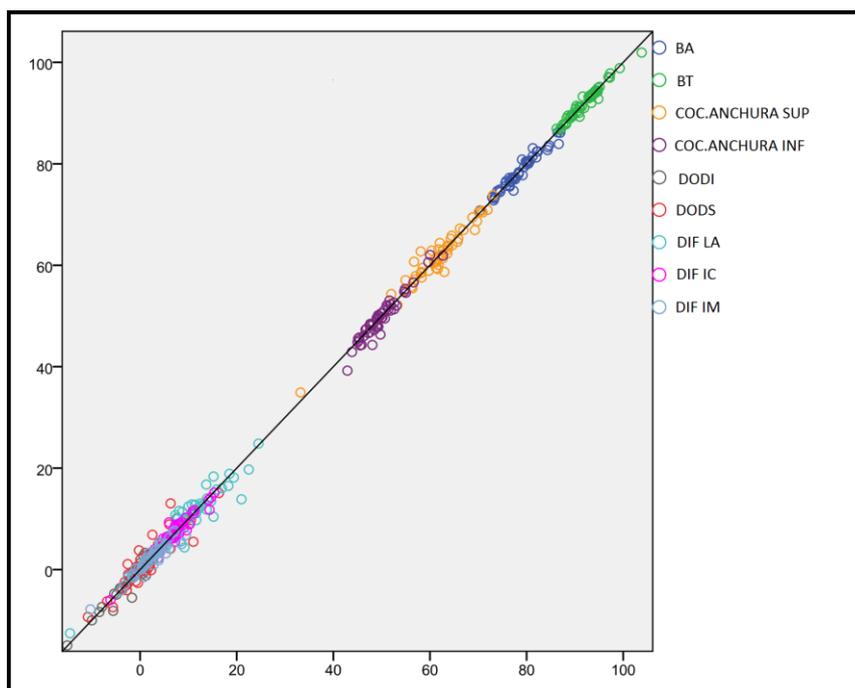
**Figura 22. Distribución de las diferencias medias determinados por ambos métodos de medida (Tridimensional-Digital) para las Anchuras intercaninas, intermolares y longitud de arcada de ambas arcadas.**

### V.2.2- MEDIDAS INDIRECTAS.

Tras estudiar los resultados de los datos directos, vamos a analizar los resultados de los datos indirectos. Dado que estas medidas se obtienen por combinación de las medidas directas, en ocasiones las diferencias entre ambos *Métodos* de medida pueden amplificarse o disminuir, dependiendo del tipo de relación que exista entre las medidas directas que constituyen la medida indirecta.

Siguiendo el mismo procedimiento que en las medidas directas hemos realizado una representación gráfica de los resultados de estas magnitudes obtenidos con uno u otro método de medida.

En este caso, hemos realizado una sola gráfica para todas las medidas indirectas representadas en la gráfica de la **Figura 23** y los coeficientes de los correspondientes ajustes de regresión aparecen en la **Tabla XV**.



**Figura 23: Gráfica de regresión lineal. Medidas indirectas. (BA: Bolton anterior, BT: Bolton total, Coc.anchura sup:cociente anchura superior, Coc.anchura inf:cociente anchura inferior, DODI: discrepancia oseodentaria inferior, DODS: discrepancia oseodentaria superior, DIF LA: diferencia longitud de arcada, DIF IC: diferencia distancia intercanina, DIF IM: diferencia distancia intermolar).**

MEDIDAS INDIRECTAS	ORDENADA ORIGEN	INTERVALO CONFIANZA	PENDIENTE	INTERVALO CONFIANZA	r-Pearson
BA	3,876	1,342/7,409	0,923	0,866/0,981	0,978
BT	3,482	1,607/7,358	0,929	0,876/0,982	0,981
DODS	0,316	-0,287/0,920	0,924	0,831/1,057	0,924
DODI	0,110	-0,198/0,417	1,027	0,957/1,097	0,974
DIF LA	1,493	0,262/0,589	0,866	0,768/0,963	0,932
DIF IC	0,674	0,022/1,027	0,923	0,842/1,003	0,958
DIF IM	0,264	-0,062/0,589	0,825	0,744/0,907	0,946
COC.ANCHURA SUP	0,583	0,430/0,737	0,927	0,860/0,994	0,970
COC.ANCHURA INF	0,182	-0,248/1,006	1,079	0,996/1,160	0,968

**Tabla XV: Ordenadas en el origen y pendientes Medidas indirectas. (BA: Bolton anterior, BT: Bolton total, Coc.anchura sup:cociente anchura superior, Coc.anchura inf:cociente anchura inferior, DODI: discrepancia oseodentaria inferior, DODS: discrepancia oseodentaria superior, DIF LA: diferencia longitud de arcada, DIF IC: diferencia distancia intercanina, DIF IM: diferencia distancia intermolar).**

En dicha **Tabla XV** puede observarse que los coeficientes de correlación son muy elevados y similares entre sí, varían de  $r = 0,924$  a  $r = 0,981$ , pero únicamente la discrepancia oseodentaria superior e inferior y el cociente de anchura inferior, cumplen con los requisitos de resultados equivalentes por ambos métodos, ya que incluyen en el intervalo de confianza de su ordenada el 0 y en el de la pendiente el 1. El resto de medidas, aunque no cumplen exactamente el criterio indicado, tienen valores de la ordenada en el origen cercanos a cero y valores de la pendiente cercanos a 1. Únicamente el Índice de Bolton Anterior y Total se alejan de esta tendencia, sobre todo en lo referente a la ordenada en el origen.

Dado que en el caso de estas medidas indirectas, el interés de comparar los resultados obtenidos por uno u otro *Método* de medida radica en valorar qué número de casos pueden variar de patológicos a normales o viceversa, en función de la posible discrepancia en la medida realizada sobre las magnitudes directas, vamos a analizar qué grado de similitud existe entre la valoración de estas magnitudes por ambos *Métodos*.

Así, y dado que el Índice de Bolton Anterior y el Índice de Bolton Total parecen que son los que menos índice de concordancia parecen presentar, en la **Tabla XVI**, hemos recogido los Índices de Bolton tanto Anterior como Total en todos los casos y determinados por ambos *Métodos* de media. Hemos representado en rojo los casos en los que el Índice de Bolton está alterado por ambos *Métodos*, y en negro los que están alterados por uno sólo, quedando en azul aquéllos que resultan normales.

Podemos observar como de 50 casos, hay coincidencia en 47 casos ya que 17 presentan alteración del Bolton Anterior y 30 no presentan alteración de este índice según los dos métodos de medida. Tan solo en 2 casos está alterado sólo en el *Método Tridimensional* y en 1 en el *Digital*. En cuanto al Índice de Bolton Total, hay concordancia en todos los casos, ya que ambos *Métodos* muestran que está alterado en 15 de los 50 casos y normal en 35 casos.

## RESULTADOS

PACIENTE	IBA		IBT		PACIENTE	IBA		IBT	
	T	D	T	D		T	D	T	D
1	80,84	79,05	93,21	91,62	26	78,21	78,34	93,26	93,38
2	75,53	76,53	89,72	89,40	27	79,87	79,99	90,45	90,62
3	74,71	77,29	89,39	90,98	28	75,69	75,76	91,13	91,06
4	75,74	76,46	94,21	94,53	29	80,04	80,39	92,92	92,85
5	76,95	77,64	92,01	93,42	30	77,75	79,17	91,02	91,91
6	83,64	84,66	97,83	97,31	31	72,80	73,18	87,05	87,20
7	83,28	84,44	94,80	94,84	32	77,25	77,12	90,04	90,82
8	83,92	86,66	98,93	98,83	33	83,08	81,30	91,44	90,31
9	76,46	76,66	89,41	89,57	34	73,43	72,87	93,47	93,08
10	78,14	78,37	93,21	93,02	35	77,00	77,25	88,92	88,95
11	77,01	76,96	87,93	88,01	36	80,34	80,39	95,18	95,11
12	76,51	76,43	93,81	93,79	37	86,65	86,98	93,09	93,16
13	80,36	80,06	97,12	96,94	38	74,45	74,51	87,78	87,55
14	76,62	75,78	86,77	86,89	39	80,55	80,35	94,52	94,40
15	74,59	74,56	91,27	91,43	40	77,25	76,44	93,19	92,81
16	81,47	81,24	94,30	94,12	41	77,94	78,33	93,91	94,19
17	82,72	84,34	94,23	94,71	42	74,66	73,95	86,92	86,22
18	81,26	82,02	98,86	99,28	43	78,36	78,40	88,52	88,57
19	80,47	79,83	89,86	89,59	44	73,18	73,31	86,95	87,06
20	80,64	80,74	94,83	94,72	45	73,47	73,43	87,80	88,17
21	79,50	78,38	93,71	93,80	46	77,43	77,64	90,21	90,34
22	82,42	82,12	94,11	94,01	47	79,37	79,47	94,35	94,69
23	86,19	86,43	96,98	95,21	48	86,14	86,96	93,75	93,48
24	82,44	82,34	91,28	90,83	49	76,23	75,61	90,88	90,16
25	77,33	77,08	89,42	89,08	50	74,92	74,52	89,99	89,30

**Tabla XVI: Alteraciones del Índice de Bolton Anterior (I.B.A) y Total (I.B.T) ambos Métodos. (En rojo alteración en ambos Métodos, en azul sin alteración en ambos Métodos y en negro casos con alteración pero solo en uno de los dos Métodos).**

Para el resto de las medidas indirectas, el grado de concordancia entre métodos era a priori más elevado que en el caso del Bolton. Por ello, para acabar este estudio hemos valorado para todas las medidas indirectas la discrepancia promedio entre los valores indicados por ambos *Métodos* de medida. Así, en la **Tabla XVII** observamos que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los valores de estas magnitudes indirectas obtenidas por los dos *Métodos* de medida ya que el valor de la significación “p” es siempre muy superior a 0.05, mostrando que la hipótesis de igualdad de las medias de los valores es la que debe ser aceptada.

MEDIDAS INDIRECTAS	MÉTODO		DIFERENCIAS	SIGNIFICANCIA
	TRIDIMENSIONAL	DIGITAL		
BA	78,69	78,83	-0,14	0,263
BT	92,18	92,16	0,02	0,847
DODS	-0,36	-0,55	0,19	0,290
DODI	2,51	2,31	0,20	0,493
DIF LA	11,29	11,32	-0,03	0,921
DIF IC	7,49	7,39	0,10	0,467
DIF IM	1,98	2,08	-0,10	0,537
COC.ANCHURA SUP	61,77	61,70	0,07	0,747
COC.ANCHURA INF	49,68	49,80	-0,12	0,591

**Tabla XVII: Medias, diferencia medias, desviación típica, error y significancia de todas las Medidas indirectas en ambos Métodos de medición. (BA: Bolton anterior, BT: Bolton total, Coc.anchura sup:cociente anchura superior, Coc.anchura inf:cociente anchura inferior, DODI: discrepancia oseodentaria inferior, DODS: discrepancia oseodentaria superior,DIF LA: diferencia longitud de arcada, DIF IC: diferencia distancia intercanina, DIF IM: diferencia distancia intermolar).**

## VI. DISCUSIÓN

### **VI.1- VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL MÉTODO DE MEDIDA TRIDIMENSIONAL.**

Con la aparición de nuevas tecnologías como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), el diagnóstico en Odontología y concretamente en Ortodoncia, ha pasado de ser en 2 dimensiones (2D) a 3 dimensiones (3D). El CBCT nos ofrece múltiples aplicaciones clínicas con infinitas posibilidades. Una de esas aplicaciones clínicas es el análisis de la imagen aplicado al análisis de los modelos de estudio, como un nuevo campo de estudio.

El *Método Tridimensional* (3D) desarrollado en este trabajo, permite una vez obtenido el CBCT del paciente y segmentadas las imágenes, realizar diferentes mediciones de manera rápida, sensible y precisa.

Pero este nuevo *Método Tridimensional* (3D) tiene ciertas limitaciones.

En primer lugar, la dosis radiación, la cual, aunque es menor que la de un TC convencional, sigue siendo mayor que la de una ortopantomografía, y una telerradiografía lateral de cráneo, que serían las radiografías que habitualmente utilizamos para el diagnóstico ortodóncico (Silva et al. 2008). Sin embargo, si a un paciente ortodóncico es necesario realizarle diversas pruebas diagnósticas además de la ortopantomografía y la telerradiografía lateral de cráneo, como una resonancia magnética para la articulación temporomandibular, una telerradiografía frontal, una serie periapical o radiografías oclusales, la suma de dosis efectiva de todas ellas superaría la del CBCT (Gibbs et al. 2000).

Otras de las limitaciones del *Método Tridimensional* es el precio, mayor que una radiografía convencional, aunque menor en el caso que tuviéramos que realizar varias pruebas diagnósticas. Además, se debe tener en cuenta el coste del programa, en este caso el InVivoDental® y el coste adicional de la segmentación de cada modelo de estudio.

Un factor que debemos tener en cuenta son las restauraciones metálicas, implantes o brackets que pueda llevar el paciente, ya que crean distorsión de las estructuras y la segmentación de los modelos tridimensionales no se puede llevar a cabo ya que las imágenes obtenidas no son fiables. También el movimiento del paciente disminuye la agudeza y la definición de las estructuras, y por tanto tampoco podrán ser segmentadas.

Sin embargo y a pesar de estas limitaciones, el CBCT presenta una serie de ventajas y aplicaciones que no podemos obtener con ninguna herramienta diagnóstica.

Una de las ventajas principales del CBCT aplicadas en este estudio, es la posibilidad de eliminar los modelos de estudio de escayola tradicionales, los cuales tienen un coste y un problema del almacenamiento físico al cabo de los años. El *Método Tridimensional* (3D) permite el almacenamiento digital de los modelos de estudio en formato *dicom* y la posibilidad de exportar las mediciones de los modelos a una hoja de cálculo para poder analizarlas.

De igual modo, el disponer de las imágenes de las arcadas del paciente en formato digital, permite que éstas, puedan ser remitidas por Internet a otros profesionales para

la realización de consultas ortodóncicas de manera rápida y precisa. Por otro lado y debido a la importancia del impacto visual de las imágenes en nuestra sociedad, podemos emplearlas como herramienta de marketing ya que pueden incluso utilizarse para la participación activa y motivación de los propios pacientes respecto a su tratamiento ortodóncico, e incluso nos dan la posibilidad de superponer las fotografías del paciente sobre su propio CBCT, ofreciendo al paciente una información dinámica que antes no era posible obtener.

A diferencia del *Método Digital*, el *Método Tridimensional* nos permite localizar los puntos de contacto de dientes poco erupcionados ya que nos permite seleccionar cada uno de los dientes independientemente del resto y obtener medidas más exactas que con la imagen de menor calidad obtenida al digitalizar el modelo de estudio con el *Método Digital* donde es difícil localizar determinados puntos y por lo tanto realizar distintas mediciones y donde se debe asumir el tamaño del diente contralateral para el diente que no ha erupcionado completamente.

De igual manera, cuando nos encontramos ante pacientes con severas maloclusiones donde los dientes presentan grandes malposiciones o alteraciones importantes en las inclinaciones axiales, en ocasiones, las imágenes obtenidas pueden ser difíciles de interpretar y la medición resulta más compleja e inexacta, al tratarse de una imagen en dos planos del espacio (2D). En el caso del *Método Tridimensional*, esto no es un inconveniente ya que obtenemos también las imágenes de dientes no erupcionados, dientes incluidos y las inclinaciones radiculares de los dientes erupcionados, pudiendo

incluso mostrar al paciente la posición de un diente incluido y la reabsorción que ha producido.

Aparte de la sensibilidad y exactitud a la hora de la utilización de un Método Tridimensional para la medición de tamaños mesiodistales de los dientes, que abordaremos en los siguientes apartados, otros aspectos de gran importancia, son la rapidez y la facilidad de ejecución del *Método Tridimensional* por parte del profesional ya que nos permite realizar el análisis de modelos en un minuto y medio aproximadamente.

## VI.2- FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD MÉTODO TRIDIMENSIONAL

La utilidad de un nuevo *Método* de medida viene marcada por la fiabilidad con la que este, permite obtener las medidas para las que ha sido diseñado.

Los criterios para determinar la fiabilidad en este caso son la sensibilidad, la precisión y la exactitud:

- La sensibilidad, viene dada por el propio dispositivo de medida y se corresponde con el mínimo valor que puede apreciar éste. En el caso de los dos *Métodos* de medida utilizados en este trabajo, tienen una sensibilidad de 0,01 mm.
- La precisión, como medida de la reproducibilidad de los valores obtenidos, se caracteriza por la dispersión de los valores individuales alrededor del valor medio.
- La exactitud se define como la conformidad de los valores medios con la medida real del objeto. Esta medida real del objeto es en realidad desconocida y por tanto ambos criterios se determinan mediante una evaluación estadística, a partir del cálculo de valores medios, desviaciones estándar y coeficientes de variación (CV), que proporcionan el control de calidad. Por tanto, coeficientes de variación menores de un 5% se consideran adecuados para *Métodos* de medida de precisión, siempre que la sensibilidad del dispositivo sea al menos de dos órdenes de magnitud menores que lo que se pretende medir.

En nuestro caso, se ha realizado ese control de calidad exclusivamente sobre las medidas directas, ya que estas son la base de los cálculos de las indirectas, por lo tanto una vez conocido el error de las primeras es fácil conocer o predecir el de las segundas.

En primer lugar, analizaremos los CV intraobservador. La medida de los tamaños dentarios presenta un coeficiente de variación de un 1,6% por el *Método Digital* siendo menor con el *Método Tridimensional*, de tan solo un 1,08%.

Si analizamos todos los CV calculados por el observador 1 para los tamaños dentarios, se sitúan por debajo del 4,12 %, para el *Método Tridimensional* y ligeramente más altos para el *Método Digital* por debajo del 4,45 %, pero sin ser estadísticamente significativos.

Cuando se comparan las medidas realizadas por el mismo observador por los dos Métodos de medición, se encuentra que las diferencias son mínimas y pueden ser aleatorias. Aunque, en cualquier caso, las medidas de los diferentes observadores resultan equivalentes.

Estos bajos coeficientes de variación, unido a la alta sensibilidad de ambos Métodos, implican que pequeños cambios en los tamaños dentarios podrán ser puestos de manifiesto ya que los CV pequeños indican que es posible discriminar entre distancias pequeñas que no se diferencien mucho, pero debe tenerse en cuenta la sensibilidad del aparato de medida.

Al analizar las distancias: distancia intercanina, intermolar y longitud de arcada, encontramos mayor reproducibilidad con CV menores de tan solo 0,69% con el *Método Tridimensional* y de 0,97% con el *Método Digital*. Todas las distancias tuvieron CV menores a 2,06 % con el *Método Tridimensional* y de 2,51% con el *Método Digital*.

También para probar la exactitud del *Método Tridimensional* comparando si ambos *Métodos* ofrecen el mismo valor en las medidas realizadas, vemos como la ordenada en el origen y la pendiente, incluyen el 0 y el 1 respectivamente, mostrando cómo se superponen sobre la bisectriz las diferentes mediciones por ambos *Métodos* y encontrando altos coeficientes de correlación de  $r=0,997$  para los tamaños dentarios y  $r=0,999$  para todas las distancias.

Por último y para analizar la magnitud de las diferencias entre ambos *Métodos*, comparamos el valor medio determinado con cada procedimiento de medida, observando que para los tamaños dentarios existe una diferencia media de 0,012 mm, siendo el CBCT quien infravalora las medidas. A diferencia de las distancias que presentan una diferencia de 0,013 mm pero al contrario que en el caso anterior, es el *Método Digital* quien las infravalora.

Sin embargo, son diferencias mínimas sin ser estadísticamente significativas.

Si comparamos el error intraobservador de otros estudios utilizando el *Método Tridimensional* y un *Método Digital*, comprobamos como al igual que nuestros resultados, Kau et al. en 2010 encontraron también que al medir los tamaños mesiodistales las diferencias eran de 0,027 mm en la mandíbula y 0,156 mm en el

maxilar, y también era el CBCT quien infravaloraba las medidas, no siendo estadísticamente significativas.

Otros estudios también han obteniendo un alto índice de correlación intraobservador, Baumgaertel et al. en 2009 compararon las mismas medidas directas que en nuestro estudio además de resalte y sobremordida pero en cráneos.

También Sherrard et al. en 2010 encontraron un error intraobservador menor de 0,4mm con el CBCT y menor a 0,1mm con radiografías periapicales al analizar la longitud radicular.

Una vez analizado el error intraobservador, vamos a analizar los resultados obtenidos por los dos observadores, donde encontramos que los CV resultan, en general mayores que los obtenidos en el error intraobservador, con diferencia estadísticamente significativa  $p < 0.001$ .

En el *Método Tridimensional* se obtuvo un CV para los tamaños dentarios de un 1,4% con un valor máximo de 4,22%, mientras que con el *Método Digital* fue de 1,7% con un valor máximo de 3,97%. Mientras que para las distancias los coeficientes fueron de 1,4% con el *Método Tridimensional* con un valor máximo de 3,1% y de un 1,35% con el *Método Digital* con un valor máximo de 1,81%.

Además se comprobó si los CV para los tamaños dentarios tenían una distribución al azar propia de la variabilidad de los *Métodos* empleados o su valor dependía de la propia medida realizada, encontrando una alta correlación entre las mediciones de

ambos observadores. . Esto implica que algunos CV altos, no corresponden a error del método sino de la propia medida efectuada.

También se compararon los CV obtenidos por cada observador con cada *Método* para todas las medidas, en este caso los coeficientes son menores tanto para los tamaños dentarios como para las distancias. Esta disminución de la correlación está asociada con el hecho de que algunas estructuras son más fácilmente medibles con un *Método* que con otro, lo que justifica la disminución de la correlación en los coeficientes de variación obtenidos con cada *Método*.

Ahora bien si se comparan los valores medios de los CV obtenidos con ambos *Métodos*, el *Método Tridimensional* presenta menores valores medios que el *Digital*, tanto para las distancias: 0,69% frente a 0,97% con diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,02$ ) como para los tamaños mesiodistales: 1,08% frente a 1,70% con  $p < 0,0001$ .

Asimismo, para descartar que la posible diferencia entre ambos observadores fuera suficientemente grande y valorar estadísticamente si ambos *Métodos* ofrecen el mismo valor en las medidas realizadas, se obtuvieron la ordenada en el origen y la pendiente para los tamaños dentarios. La ordenada en el origen incluía el 0 en su intervalo de confianza y la pendiente el 1, obteniendo un alto coeficiente de correlación, lo que nos indica que existe concordancia entre ambos observadores.

En cuanto a las distancias, la pendiente no llega a incluir el 1 por lo que existe una ligerísima tendencia a que las medidas realizadas por el observador 2 sean mayores que las del observador 1.

Para valorar precisamente esa ligera discrepancia, comparamos las diferencias entre los valores encontrando que para los tamaños dentarios la máxima diferencia es de 0,32mm y para las distancias es de 2,32mm, no siendo estadísticamente significativas. Centrando nuestra atención a la distribución, la gran mayoría de casos presenta una diferencia menor a 0,1mm.

Al comparar el error interobservador en estudios similares, tan solo fue realizado por Kau et al. (2010) no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre los dos observadores usando el t-test.

### **VI.3- COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS DOS MÉTODOS DE MEDIDA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS E INDIRECTAS.**

Debido a que los resultados de este trabajo han sido divididos en medidas directas e indirectas como hemos comentado previamente, la discusión la vamos a realizar también de manera independiente.

#### **VI.3.1- MEDIDAS DIRECTAS.**

##### **a- Tamaños dentarios**

La primera medida directa que vamos a discutir es el tamaño mesiodistal de los dientes, ya que constituye la base de nuestro trabajo.

Los coeficientes de correlación obtenidos para los tamaños dentarios para la arcada superior e inferior comparando el *Método Digital* y el *Método Tridimensional*, son muy elevados y parecidos entre sí,  $r = 0,996$  y  $r=0,998$ . Es un coeficiente muy cercano al 1, indicando con ello que se trata de dos *Métodos* de medición que guardan buena correspondencia en la determinación tanto de valores grandes como pequeños al realizar las mediciones de los tamaños mesiodistales de los dientes.

Pero además de fijarnos en el coeficiente de correlación, para comprobar que las mismas medidas obtenidas por los dos *Métodos* son idénticas, debemos analizar las pendientes y las ordenadas en el origen. En primer lugar, debemos comprobar que el

intervalo de confianza del 95% de la ordenada en el origen y de la pendiente de la recta de regresión lineal, incluyan el 0 y el 1, respectivamente.

En el caso de la ordenada en el origen, sólo la de la arcada inferior incluye claramente el 0 en su intervalo de confianza. La ordenada en el origen de la recta de regresión lineal de la arcada superior no incluye el cero, lo que implicaría un error sistemático, aunque esta situación no es significativa ya que las ordenadas en el origen son del orden de 0,086 mm y el límite superior de dichos intervalos de confianza no supera los 0,14 mm.

Cuando analizamos las pendientes y su intervalo de confianza del 95% para los tamaños dentarios, observamos como éstas no incluyen el 1, aunque los valores son muy cercanos al mismo (0,987 y 0,992). Esta ligera discrepancia entre ambos *Métodos* de medida nos permite afirmar que los datos obtenidos por ambos *Métodos* no son idénticos entre sí, pero que a efectos de utilidad clínica las diferencias son mínimas.

Analizando cada diente de forma independiente observamos que para el canino superior, primer premolar superior, canino inferior, segundo premolar inferior y primer molar inferior, los intervalos de confianza de la pendiente y la ordenada en el origen no contienen ni el 1 ni el 0, indicando que realizando una sola medida de la magnitud no pueden considerarse equivalentes ambos *Métodos* de medida.

Estos mismos aspectos se podrían poner de manifiesto calculando las diferencias entre los tamaños dentarios obtenidos por el *Método Tridimensional* y el *Método Digital*.

Los resultados obtenidos confirman como el total de las medias de las diferencias de todos los tamaños de los dientes es aproximadamente  $-0,016$  mm y  $-0,018$  mm para la arcada superior e inferior respectivamente, con un estrecho intervalo de confianza que permite asegurar que el posible error entre los dos *Métodos* es totalmente despreciable.

Si analizamos cada diente de forma independiente, vemos que existen diferencias de valoración por ambos *Métodos* en el segundo premolar superior, primer molar superior, incisivo lateral inferior, segundo premolar inferior y primer molar inferior, no obstante esas diferencias son mínimas, sin tener repercusión clínicamente.

Al analizar la distribución de las diferencias, la mayoría de las de las diferencias de los tamaños de la totalidad de todos los dientes medidos, 1080 en total, se concentran en el intervalo mayor o menor a  $0,1$ mm, indicando con ello que no existen prácticamente diferencias entre los valores obtenidos con el *Método Digital* y el *Tridimensional*.

Podemos observar como en la mayoría de los casos, esas diferencias son negativas ya que el *Método Tridimensional* infravalora las medidas respecto al *Digital*. Nuestros resultados coinciden con los de Baumagaertel et al. (2009) que también encontraron que el CBCT infravaloraba los tamaños dentarios respecto al calibre digital.

Al comparar la media de la diferencia de los tamaños dentarios en ambas arcadas para cada tipo de diente, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre ambas arcadas, por lo que si analizamos las diferencias de los tamaños dentarios por ambos *Métodos* pero sin hacer distinción entre arcadas, podemos afirmar que el

incisivo central y canino son los dientes que menor diferencia presentan entre *Métodos* y el primer molar el que mayor. El resto de dientes presentan diferencias pero sin ser estadísticamente significativas.

### **b- Distancias: anchura intercanina, anchura intermolar y longitud de arcada.**

- La siguiente medida directa analizada en este trabajo es la anchura de la arcada dentaria, la cual hemos dividido en anchura intercanina y anchura intermolar.

El conocimiento de la anchura intercanina antes de comenzar el tratamiento de Ortodoncia así como una vez finalizado el mismo, es un factor importante para la predicción de la recidiva, ya que la modificación de la anchura intercanina puede ser una de las causas de recidiva del tratamiento de Ortodoncia.

Por ello, es interesante conocer estas anchuras en todos los pacientes susceptibles de tratamiento de Ortodoncia con un procedimiento sencillo, rápido y fiable.

Los CV de las rectas de regresión lineal de la anchura intercanina, *Método Tridimensional* versus *Método Digital*, son muy elevados, aunque menores a los de los tamaños dentarios, siendo ligeramente mayor el coeficiente de correlación de la anchura intercanina de la arcada superior,  $r = 0,933$  que el de la arcada inferior,  $r = 0,927$ .

Por otro lado, la ordenada en el origen y la pendiente para ambas arcadas, no incluyen ni el 0 y ni el 1 en su intervalo de confianza del 95% respectivamente, indicando que ambos *Métodos* no dan resultados estadísticamente iguales.

Sin embargo, si analizamos las diferencias entre los valores de las anchuras intercaninas por ambos *Métodos*, la media de las diferencias es muy pequeña, 0,151mm en la arcada superior y 0,048 mm en la inferior incluyendo en el intervalo de las diferencias el 0, lo que equivale a decir que no hay un sesgo en la determinación de los valores, sino que las discrepancias son debidas al azar en todos los casos.

Las máximas discrepancias de estas diferencias fueron de 2,88 mm en la arcada superior y 3,17mm en la arcada inferior, siendo los casos con diferencias mayores inexistentes.

Vemos, que en las escasas situaciones en las que se dan estas diferencias entre los dos *Métodos* de medida, éstas resultan de escasa significación clínica, dado lo que representa en el total de la medida de la distancia intercanina, que por otro lado, tampoco podemos asegurar que esté correctamente medida con el *Método Digital*.

Nuestros resultados son similares a los de Baumagaertel et al. (2009) que encontraron 0,12 mm y 0,31 mm para arcada superior e inferior respectivamente, entre el *Método Tridimensional* y un calibre digital.

- Respecto a las anchuras intermolares, la situación difiere en ambas arcadas, ya que los coeficientes de correlación de las rectas de regresión son de  $r = 0,932$  para la arcada superior y más alto para la inferior  $r = 0,962$ .

Esto también se refleja el intervalo de confianza del 95%, de la ordenada en el origen y de la pendiente de la recta de regresión lineal que incluyen el 0 y el 1 en los todos los casos para la arcada inferior pero no para la superior.

Ahora bien, para analizar la magnitud de esas diferencias observamos como la diferencia media entre los dos *Métodos* es de 0,159 mm para la arcada superior y de 0,259 mm para la inferior, siendo mayores respecto a la anchura intercanina, pero al igual que ésta, los intervalos contienen el 0 en todos los casos, mostrando que no existe diferencia entre ambos *Métodos*.

Nuestros resultados son menores que los encontrados por Baumgaertel et al. (2009) que obtuvieron 0,89 mm y -0,01 mm en arcada superior e inferior respectivamente, comparando *Método Tridimensional* con un calibre digital.

- La última de las medidas directas que vamos a analizar es la longitud de arcada.

La determinación de la longitud de arcada resulta en casos de gran discrepancia oseodentaria difícil de medir por los *Métodos Tradicionales* con el calibre ya que son más laboriosos de realizar que con el *Método Tridimensional* o el *Digital* implicando gran incertidumbre e inexactitud. Esta determinación en la longitud de arcada se

determina con tan solo una única medición de manera continua y no dividida en diferentes tramos como realizan otros autores, ya que desde nuestro punto de vista, la forma continua es la que más se asemeja a la verdadera forma del arco ideal.

Los coeficientes de correlación para la recta de regresión correspondiente a las medidas de la longitud de arcada determinada por los dos *Métodos* de medida, son de  $r = 0,924$  y de  $r = 1,008$ , para la arcada superior e inferior respectivamente, se trata de coeficientes de correlación elevados, pero a la vez el coeficiente de la arcada superior es el más bajo de todas las medidas directas.

El intervalo de confianza del 95%, de la ordenada en el origen y de la pendiente de la recta de regresión lineal incluyen en 0 y el 1 en los todos los casos, por lo que no existen diferencias entre ambos *Métodos* de medida.

Al analizar las medias de las diferencias de la longitud de arcada entre los dos *Métodos*, permite cifrar en 0,092 mm la diferencia promedio entre los valores determinados entre ambos procedimientos para la arcada superior y 0,038 para la inferior, siendo el *Método Tridimensional* el que obtiene valores mayores para la longitud de arcada. La longitud de arcada inferior es de las 6 distancias las que menores diferencias promedio presenta entre los valores.

Las máximas discrepancias que obtuvimos fueron de 4,02 mm para la arcada superior y 4,41 mm para la inferior.

Nuestros resultados son menores a los de Baumgaertel et al. en 2009 que obtuvieron una diferencia media de 1,08 mm y 1,05 mm para la longitud de arcada superior e inferior respectivamente con diferencia estadísticamente significativa, pero comparando CBCT con un calibre digital.

### **VI.3.2- MEDIDAS INDIRECTAS.**

Una vez analizadas las medidas directas, vamos a analizar las medidas que dependen directamente de estas, a las que hemos denominado medidas indirectas.

#### **a- Índice de Bolton**

- La primera de las medidas indirectas que vamos a discutir y una de las más importantes es el Índice de Bolton.

Según las encuestas realizadas por Sheridan (2000) y Paredes et al. (2003), realizadas entre distintos Ortodoncistas estadounidenses y españoles respectivamente, el análisis del Índice de Bolton es el parámetro más utilizado en el diagnóstico ortodóncico por la mayoría.

Según Shellhart et al. (1995), en los casos con discrepancias oseodentarias  $> 3$  mm, la medición de los tamaños mesiodistales de los dientes y el consiguiente cálculo del Índice de Bolton, puede conllevar a errores al realizar dichas mediciones.

Igualmente, en pacientes que se encuentran en fase de dentición mixta en los cuales no podemos realizar una medición directa de los dientes no erupcionados, el cálculo de este Índice no se realiza. Sin embargo, con la introducción de los modelos tridimensionales sí que podríamos realizarlo, obteniendo resultados más precisos.

En ocasiones, una alteración en el Índice de Bolton Anterior o Total no tiene porque significar necesariamente una discrepancia de tamaño y de igual manera, un Índice de Bolton Anterior dentro de los límites hallados por Bolton como correctos, no nos

asegura una oclusión ideal, ya que existen una serie de factores asociados como la curvatura de la arcada dentaria, la inclinación axial del diente, el torque del mismo o el grosor vestibulolingual de los incisivos, que pueden alterar esta relación, según describen muchos autores como Bennet y McLaughlin (1997) o Halazonetis (2005) y que Bolton (1958, 1962) no tuvo en consideración. Esto puede ser debido a que la muestra seleccionada por Bolton para su trabajo y de la cual extrajo sus Índices ideales era muy pequeña.

Al analizar el Índice de Bolton Anterior y Total con ambos *Métodos* de medida, observamos que presentan unos elevados coeficientes de correlación de  $r=0,978$  y  $r=0,981$ , sin embargo si analizamos la ordenada en el origen y la pendiente, observamos que no contienen ni el 1 ni el 0 en sus intervalos de confianza y que además su ordenada en el origen no es cercana a 0. Por eso vamos a analizar cuantos casos discrepan en considerar el Índice de Bolton alterado o no por ambos *Métodos*.

En nuestro estudio, de los 50 pacientes obtuvimos una concordancia para el Índice de Bolton Anterior en cuanto a los resultados por ambos *Métodos* de 47 pacientes (30 pacientes en los cuales no se detectaron alteraciones en el Índice de Bolton Anterior y 17 pacientes que sí presentaron alteraciones en el mismo) y existe una discordancia en 3 pacientes que presentaban una alteración del Índice de Bolton Anterior que fue detectado por tan solo uno de los dos procedimientos, 2 por el *Método Tridimensional* y 1 por el *Digital*.

En cuanto al Índice de Bolton Total, los resultados entre ambos *Métodos* son incluso mejores, ya que tenemos concordancia en todos pacientes (35 sin alteraciones en el Índice de Bolton Total y 15 con alteraciones en el mismo).

En resumen, podemos afirmar que para el Índice de Bolton Anterior, obtenemos un éxito de un 94% y de un 100% para el Índice de Bolton Total con ambos *Métodos*, porcentajes muy buenos y elevados. La concordancia de los *Métodos* con el Índice de Bolton Anterior es menor que con el Índice de Bolton Total.

Algunas de las alteraciones del Índice de Bolton Anterior se debieron a un exceso de material dentario maxilar o a un defecto mandibular aunque realmente la mayoría se debió a un defecto en el tamaño dentario maxilar o a un exceso del tamaño dentario mandibular, sin embargo las alteraciones del Índice de Bolton Total se debieron a un defecto en el tamaño dentario maxilar o a un exceso del tamaño dentario mandibular o viceversa, en la misma proporción.

Asimismo, si comparamos las diferencias medias entre el Índice de Bolton Anterior y el Índice de Bolton Total con ambos *Métodos*, encontramos que son de -0,14 mm y 0,02 mm respectivamente, con una significancia muy superior a 0.05, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ellas.

El Índice de Bolton nos parece un buen instrumento para detectar alteraciones en los tamaños dentarios, a pesar de que muchos autores, encuentran diferentes valores para el mismo, sobre todo a nivel del Índice Anterior, tanto en población con oclusiones ideales como maloclusiones dentarias (Stifter 1958, Crosby y Alexander

1989, González-Cuesta y Plasencia 1990, Fernández- Riviero y Suárez-Quintanilla 1995, Smith 2000) y diferentes poblaciones (Paredes 2010).

### **b- Discrepancia oseodentaria.**

- La discrepancia oseodentaria es otra de las medidas indirectas más importantes para determinar qué tipo de tratamiento de Ortodoncia es el más adecuado a realizar.

Por ello, el cálculo de esta discrepancia oseodentaria de manera rápida, sencilla, fácil y exacta es tan importante a la hora de realizar un diagnóstico ortodóncico.

Cuando analizamos las gráficas separando los datos por arcadas para la discrepancia oseodentaria, obtenemos coeficientes de correlación elevados y similares,  $r = 0,924$  y  $r = 0,974$  para la arcada superior e inferior respectivamente, entre ambos métodos de medida.

Las ordenadas en el origen de las rectas de regresión para la discrepancia oseodentaria superior e inferior, incluyen el 0 con un intervalo de confianza al 95% y las pendientes con un intervalo de confianza del 95% incluyen el 1, indicando que los dos *Métodos* son equivalentes para medir la discrepancia oseodentaria.

Además, si observamos la diferencia de las medias es de tan solo 0,19 mm en la arcada superior y de 0,2 mm en la arcada inferior, lo cual indica que los datos obtenidos por ambos *Métodos* son prácticamente iguales o lo que equivale a decir que no hay un sesgo en la determinación de los valores, sino que las discrepancias son debidas al azar en todos los casos.

**c- Diferencias arcadas dentarias**

- Las siguientes medidas indirectas analizadas son las diferencias de las arcadas dentarias. Estas diferencias incluyen las diferencias en la longitud de arcada, en la anchura intercanina y en la anchura intermolar.

Los coeficientes de correlación de las gráficas de regresión lineal en las cuales relacionamos estas diferencias, obtenidas con cada método de medida, son de  $r = 0,932$ ,  $r = 0,958$  y  $r = 0,946$  para la diferencia de longitud de arcada, anchura intercanina y intermolar, respectivamente. Se trata de coeficientes elevados y similares que indican la buena correspondencia entre los valores encontrados por ambos procedimientos de medida.

Sin embargo, si observamos el intervalo de confianza del 95% de la pendiente incluye el 1 tan solo en la diferencia de la anchura intercanina aunque en las otras dos es próxima a 1. Por otro lado, a ordenada en el origen y su intervalo de confianza incluye el 0 tan solo en la diferencia anchura intermolar. Todo esto nos indica que no se cumplen los requisitos para que ambos *Métodos* sean equivalentes, en lo que respecta a estas medidas.

En cambio, si fijamos nuestra atención en las medias de las diferencias entre los datos por ambos procedimientos para las diferencias de las anchuras intercaninas es de 0,1 mm, de -0,1 mm en la anchura intermolar y -0,03 mm en la longitud de arcada, lo cual nos confirma que a pesar de que ambos *Métodos* no sean equiparables, las diferencias son mínimas.

**d- Cocientes anchuras arcada**

- Las últimas medidas indirectas analizadas son los cocientes de anchuras en ambas arcadas.

Los coeficientes de regresión lineal para el cociente de las arcadas para cada una de las arcadas tomadas de manera independientes son muy altos, de  $r = 0,970$  y de  $r = 0,968$  para la arcada superior e inferior respectivamente.

En el caso del cociente de la arcada inferior, tanto los intervalos de la ordenada en el origen como la pendiente de la recta de regresión lineal, incluyen el 0 y el 1 respectivamente en sus intervalos de confianza y son próximos a 0 y 1 respectivamente en la superior, lo cual indica la validez de los dos *Métodos*.

Además, la media de las diferencias de los cocientes entre ambos *Métodos*, es de 0,07 mm en el cociente anchuras superior y de -0,12 en el inferior, lo que vuelve indicarnos que ambos *Métodos* son equiparables.

No hemos encontrado en la literatura estudios similares al nuestro con los que poder comparar los resultados de todas las medidas indirectas. El único estudio que compara medidas indirectas es el de Kau et al. (2010) en el que analizaron el Índice de Little, encontrando valores mayores con el *Método Digital* que con el *Tridimensional*, no siendo estadísticamente significativos.

## **VII. CONCLUSIONES**

Las conclusiones de nuestro estudio acerca de la fiabilidad y reproducibilidad del CBCT para medidas dentarias son:

1. A partir del CBCT podemos obtener modelos tridimensionales y determinar todas las medidas directas de la arcada dentaria con precisión, exactitud, sencillez y rapidez: tamaños mesiodistales de los dientes, anchuras intercaninas, anchuras intermolares y la obtención de líneas de arcadas ideales tanto superiores como inferiores. Los coeficientes de variación obtenidos mediante el CBCT son de un 1,08% y 0,69% para los tamaños dentarios y las distancias respectivamente; siendo menores respecto al Método Digital (1,6% y 0,97%, respectivamente).
2. Los nuevos modelos tridimensionales nos permiten analizar no solo los dientes erupcionados, sino aquellos que no han hecho erupción o han quedado impactados. Así como analizar las inclinaciones radiculares de los dientes.
3. Los resultados obtenidos al comparar el Método de Medición sobre el CBCT con un Método Digital usando los modelos de escayola digitalizados, muestran resultados muy similares presentando ligeras diferencias clínicamente no significativas para todos los tamaños dentarios.

4. Al analizar y comparar la distancia intercanina e intermolar y la longitud de arcada, observamos que obtenemos resultados idénticos entre el Método Digital y con el Método Tridimensional (CBCT). En cuanto a las medidas indirectas, la discrepancia oseodentaria superior e inferior, y el cociente de anchuras inferior resultan ser equivalentes por ambos Métodos.
5. En las demás medidas indirectas: el Índice de Bolton Anterior y Total, la diferencia de longitud en la arcada, en la anchura intercanina e intermolar en ambas arcadas, así como el cociente de anchura superior con cada uno de los Métodos, observamos que existen diferencias entre ambos Métodos no siendo significativas desde el punto de vista del uso práctico del Método.
6. Las imágenes resultantes de los modelos con el *Método Tridimensional*, así como sus mediciones pueden ser archivadas en formato digital, evitando el almacenamiento físico de los modelos de estudio en la consulta, así como ser remitidas por Internet a otros profesionales para la realización de consultas ortodóncicas e incluso a los propios pacientes.

## **VIII. BIBLIOGRAFÍA**

Akyalçin, S; Doğan, S; Dinçer, B; Erdinc, AM; Oncağ, G. (2006)

Bolton tooth size discrepancies in skeletal Class I individuals presenting with different dental angle classifications.

Angle Orthod; 76:637-43.

Alcan, T; Ceylanog, C; Baysal, B. (2009)

The Relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate Impressions.

Angle Orthod;79:30–6.

Al-Khateeb, SN; Abu Alhaija, ES. (2006)

Tooth size discrepancies and arch parameters among different malocclusions in a Jordanian sample.

Angle Orthod;76: 459-65.

Alkofide, E; Hashim, H. (2002)

Intermaxillary tooth size discrepancies among different malocclusion classes: a comparative study.

J Clin Pediatr Dent;26: 383-7.

Algerban, A; Jacobs, R; Fieuws, S; Willems, G. (2011)

Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption

Eur J Orthod; 33:93–102

Al-Rawi, B;Hassan, B; Vandenberghe, B; Jacobs, R. (2010)

Accuracy assessment of three-dimensional surface reconstructions of teeth from Cone Beam computed tomography scans.

J Oral Rehab; 37; 352–8.

Araujo, E; Souki, M. (2003)

Bolton anterior tooth size discrepancies among different malocclusion groups.  
Angle Orthod;73(3):307-13.

Asquith, J; Gillgrass, T; Mossey, P. (2007)

Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study.  
Eur J Orthod; 29(5):517-22.

Ballrick, JW; Martin Palomo, J; Ruch, E; Amberman, BD; Hans, MG. (2008)

Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam  
computed tomography machine.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop; 134:573-82.

Basaran, G; Selek, M; Hamamci, O; Akkuş, Z. (2006)

Intermaxillary Bolton tooth size discrepancies among different malocclusion groups.  
Angle Orthod;76: 26-30.

Batool, I; Abbas, A; Rizvi, SA; Abbas, I. (2008)

Evaluation of tooth size discrepancy in different malocclusion groups.  
J Ayub Med Coll Abbottabad;20(4):51-4.

Baumgaertel, S; Martin Palomo, J; Palomo, L; Hans, MG. (2009)

Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements.  
Am J Orthod Dento Orthop; 136:19-28.

Beazley, WW. (1971)

Assessment of mandibular arch length discrepancy utilizing an individualized arch  
form.  
Angle Orthod;41: 45-54.

Begole, EA. (1979)

A computer program for the analysis of dental arch form using the cubic spline function.

Comput Prog Biomed; 10:136-142.

Begole, EA; Cleall, J. F; Gorny, HC. (1979)

A computer program for the analysis of dental models.

Comput Prog Biomed; 10: 261-70.

Begole, EA. (1981)

A computer program for the analysis of dental arch form using the Catenary's curve.

Comput Prog Biomed; 13: 93-9.

Bennett, JC; Mc Laughlin, RP. (1997)

Orthodontic management of the dentition with the preadjusted Appliance.

Isis Medical Media Oxford.

Berco, M; Rigali, P; Miner, M; Deluca, S; Anderson, N; Will, L. (2009)

Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull.

Am J Orthod Dentofacial Orthop;136: 17.e1-17.

Bishara, SE; Staley, RN. (1984)

Mixed dentition mandibular arch analysis.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 86: 130-5.

Bolton, WA. (1958)

Disharmony in tooth size and its relation to the analyses and treatment of malocclusion.

Bolton, WA. (1962)

The clinical application of a tooth-size analysis.

Am J Orthod; 48: 504-29.

Bootvong, K; Liu, Z; McGrath, C; Hägg, U; Wong, RW; Bendeus, M; Yeung, S. (2010)

Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity.

Eur J Orthod; 32: 589-95.

Bravo, LA; Plasencia, E. (1998)

Sobre la toma de decisiones clínicas en Ortodoncia.

Rev Esp Ortod 28; 235-45.

Brown, T; Abbott, AH; Burguess, VB. (1987)

Longitudinal study of dental arch relationships in Australian Aborigines with reference to alternate intercuspation.

Am J Phys Anthropol; 72: 49-57.

Brown, A; Scarfe, W; Scheetz, J; Silveira, A; Farman, A. (2009)

Linear Accuracy of Cone Beam CT Derived 3D Images.

Angle Orthod;79: 150-7.

Canut, JA. (2001)

Ortodoncia clínica y terapéutica.

Ed. Masson.

Carter, GA; Mc Namara, JA Jr. (1998)

Longitudinal dental arch changes in adults.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 114: 88-99.

Cattaneo, P; Cattaneo, B. (2008)

The use of cone beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic.

World J Orthod; 9: 269-83.

Cattaneo, PM; Bloch, CB; Calmar, D; Hjortschoj, M; Melsen, B. (2008)

Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 134: 798-802.

Cevidanes, LS; Styner, MA; Proffit, WR. (2006)

Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone beam computed tomography models.

Am J Dentofacial Orthop; 129: 611-8.

Cohen, JT. (1940)

Growth and development of the dental arches in children.

J Am Dent Assoc; 27: 1250-60.

Costalos, PA; Sarraf, K; Cangialosi, TJ; Efstratiadis, S. (2005)

Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 128: 624-9.

Crosby, DR; Alexander, DG. (1989)

The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop; 95: 457-61.

Currier, JH. (1969)

A computerized geometric analysis of human dental arch form.  
Am J Orthod; 56: 164-179.

Champagne, M. (1992)

Reliability of measurements from photocopies of study models.  
J Clin Orthod; 26: 648-50.

Chau, AC; Fung, K. (2009)

Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 107(4):559-65.

Damstra, J; Zacharias, F; Huddleston Slater, JJR; Ren, Y. (2010)

Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop; 137:16.e1-16.e6.

De Echave, M. (2001)

Análisis comparativo de dos métodos de medición de discrepancias Oseodentarias.  
Rev Iberoamericana Ortodoncia; 20: 25-9.

Dekock, WH. (1972)

Dental arch depth and width studied longitudinally from 12 years of age to adulthood.  
Am J Orthod; 62: 56-66.

El-Zanaty, HM; El-Beialy, AR; Abou El-Ezz, AM; Attia, KH; El-Bialy, AR; Mostafa, YA.  
(2010)

Three dimensional dental measurements: an alternative to plaster models.  
Am J Dentofacial Orthop; 137: 259-65.

Endo, T; Abe, R; Kuroki, H; Oka, K; Shimooka, S. (2008)

Tooth size discrepancies among different malocclusions in a Japanese orthodontic population.

Angle Orthod;78: 994-9.

Eslambolchi, S; Woodside, DG; Rossouw, PE. (2008)

A descriptive study of mandibular incisor alignment in untreated subjects.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 133: 343-53.

Fattahi, HR; Pakshir, HR; Hedayati, Z. (2006)

Comparison of tooth size discrepancies among different malocclusion groups.

Eur J Orthod; 28: 491-5.

Fernandez-Riveiro, P; Suárez-Quintanilla, D; Otero-Cepeda, JL. (1995)

Análisis odontométrico de una población maloclusiva: índice de de Bolton.

Rev Esp; 25:119-26.

Garino, F; Garino, G.B. (2002)

Comparison of dental arch measurement between stone and digital casts.

World J Orthod; 3: 250-4.

Geran, RG; McNamara, JA Jr, Baccetti, T; Franchi, L; Shapiro, LM. (2006)

A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 129: 631-40.

Gibbs, SJ. (2000)

Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 90:538-45.

Gonzalez-Cuesta, J; Plasencia, E. (1990)

Estudio del índice de Bolton en maloclusiones.

Rev Esp Ortod; 20: 255-65.

Goonewardene, RW; Goonewardene, MS; Razza, JM; Murray, K. (2008)

Accuracy and validity of space analysis and irregularity index measurements using digital models.

Aust Orthod J; 24: 83-90.

Gracco, A; Buranello, M; Cozzani, M; Siciliani, G. (2007)

Digital and plaster models: a comparison of measurements and times.

Prog Orthod; 8:252-9.

Gribel, BF; Gribel, MN; Frazão, DC; McNamara Jr, JA; Manzi, FR. (2011)

Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans.

Angle Orthod; 81,(1):26-35

Halazonetis, DJ. (2005)

From 2 dimensional cephalograms to 3 dimensional computed tomography scans.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 127: 627-37.

Hassan, B; Van der Stelt, P; Sanderink, G. (2009)

Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position.

Eur J Orthod; 31: 129-34.

Hassan, B; Souza, PC; Jacobs, R; Berti, SA; Van der Stelt, P. (2010)

Influence of scanning and reconstruction parameters on quality of three-dimensional surface models of the dental arches from cone beam computed tomography.

Clin Oral Invest; 14:303–10.

Heusdens, M; Dermaut, L; Verbeeck, R. (2000)

The effect of tooth size discrepancy on occlusion: an experimental study.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 117: 184-91.

Hilgers, ML; Scarfe, WC; Scheetz, JP; Farman, AG. (2005)

Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 128: 803-11.

Ho, CTC; Freer, TJ. (1999)

A computerized tooth-width analysis.

J Clin Orthod; 33: 498-503.

Hofmann, E; Medelnik, J; Fink, M; Lell, M; Hirschfelder, U. (2011)

Three-dimensional volume tomographic study of the imaging accuracy of impacted teeth: MSCT and CBCT comparison--an in vitro study.

Eur J Orthod; Mar 4. [Epub ahead of print]

Horton, HM; Miller, J.R; Gaillard, PR; Larson, BE. (2010)

Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models.

Angle Orthod; 80: 254-61.

Kau, CH; Littlefield, J; Rainy, N; Nguyen, JT; Creed, B. (2010)

Evaluation of CBCT digital models and traditional models using the Little's index.

Angle Orthod; 80: 435-39.

Keene, HJ. (1979)

Mesiodistal crowns diameters of permanent teeth in male American Negroes.

Am J Orthod; 76: 95-9.

Keeve, E; Kusch, J; Hey, J; Ritter, L. (2008)

Fundamentals of cone beam volumetric imaging technology. In cone beam volumetric imaging in dental, oral and maxillofacial medicine.

Quintessence Books.

Kumar, V; Ludlow, J; Soares Cevidanes, LH. (2008)

In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms.

Angle Orthod; 78(5):873-9.

Knott, V. (1972)

Longitudinal study of dental arch widths at four stages of dentition.

Angle Orthod; 42: 387-94.

Lagravere, MO; Carey, J; Toogood, RW; Major, PW. (2008)

Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 134:112-6.

Laino, A; Quaremba, G; Paduano, S; Stanzione, S. (2003)

Prevalence of tooth-size discrepancy among different malocclusion groups.

Prog Orthod; 4: 37-44.

Lamichane, M; Anderson, NK; Rigali, PH; Seldin, EB, Wille, LA. (2009)

Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 136 (2): 156.e1-6.

Lanuza, A. (1990)

Análisis biométrico de las arcadas en relación con el desarrollo de la Dentición.

Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

Lavelle, CLB; Foster, TD; Flinn, RM. (1971)

Dental arches in various ethnic groups.

Angle Orthod; 41: 293-99.

Leifert, MF; Leifert, MM; Efstratiadis, SS; Cangialosi, TJ. (2009)

Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 136: 16.e1-16.e4.

Lenguas, AL; Ortega, R; Samara, G; López, MA. (2010)

Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas.

Cient Dent;7;2:147-59.

Liu, Y; Olszewski, R; Alexandroni, ES; Enciso, R; Xu, T; Mah, JK. (2010)

The validity of In Vivo tooth volume determinations from Cone-Beam computed tomography.

Angle Orthod; 80:160–6.

Lofthag-Hansen, S;Thilander-Klang,A; KerstinGröndahla (2010)

Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography with different fields of view.

Eur J Radiol; Oct: 19. [Epub ahead of print]

Loubele, M; Bogaerts, R; Van Dijck, E; Pauwels, R; Vanheusden, S; Suetens, P; Marchal, G; Sanderink, G; Jacobs, R. (2009)

Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications.

Eur J Radiol; 71(3): 461-8.

Lopatiene, K; Dumbravaite, A. (2009)

Relationship between tooth size discrepancies and malocclusion.

Stomatologija;11: 119-24.

Lysell, L; Myrberg, N. (1982)

Mesiodistal tooth size in the deciduous and permanent dentitions.

Eur J Orthod; 4: 113-22.

Mangiacapra, R; Butti, AC; Salvato, A; Biagi, R. (2009)

Traditional plaster casts and dental digital models: intra-examiner reliability of measurements.

Prog Orthod; 10: 48-53.

Maret, D; Molinier, F; Braga, J; Peters, OA; Telmon, N; Treil, J; Inglessè, JM; Cossì, A; Kahn, JL; Sixou, M. (2010)

Accuracy of 3D reconstructions based on cone beam computed tomography.

J Dent Res 89(12):1465-9.

Marín, JM; Moreno, JP; Barbería, E; Alió, JJ. (1993)

Estudio de los diámetros mesiodistales de los dientes permanentes en una población de niños españoles.

Ortod Esp; 34: 219-32.

Martin Palomo, J.; Rao, PS; Hans, MG. (2008)

Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;105:773-82.

Mayers, M; Firestone, AR; Rashid, R; Vig, KW. (2005)

Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 128: 431-4.

Mckeown, HF; Robinson, DL; Elcock, C; Al-sharood, M; Brook, AH. (2002)

Tooth dimensions in hypodontia patients, their unaffected relatives And a control group measured by a new image analysis system.

Eur J Orthod; 24: 131-41.

Miles, A. (2008)

Color atlas of cone beam volumetric imaging for dental applications.

Quintessence Publishing Co, Inc.

Mills, L. (1964)

Arch width, arch length and tooth size in young adult males.

Institute Dent Research; 34:124-9.

Mok, KH; Cooke, MS. (1998)

Space analysis: a comparison of sonic digitization (digigraph Workstation) and the digital caliper.

Eur J Orthod; 20: 653-61.

Montoto, G; Puente, M; Hernández, LC; Galbán, L; Martínez, V; Plasencia, E. (2007)

Utilidad de la tomografía computerizada en ortodoncia. Parte I. Análisis de modelos.

Rev Esp Ortod; 37: 167-74.

Moorrees, CFA; Thomsen, SO; Jensen, E; Yen, PK. (1957)

Mesiodistal crown diameters of the deciduous and permanent teeth in individuals.

J Dent Res; 36: 39-47.

Moorrees, CFA. (1959)

The dentition of the growing child. A longitudinal study of dental Development between 3 and 18 years of age.

Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts, pp.245.

Moshiri, M; Scarfe, WC; Hilgers, ML; Scheetz, JP; Silveira, AM; Farman, AG. (2007)  
Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop; 132(4):550-60.

Mullen, SR; Martin, CA; Ngan, P; Gladwin, M. (2007)  
Accuracy of space analysis with emodels and plaster models.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop;132: 346-52.

Musich, DR; Ackerman JL. (1973)  
The catenometer. A reliable device for estimating dental arch Perimeter.  
Am J Orthod; 63: 366-75.

Naidu, D; Scott, J; Ong, D; Ho, CT. (2009)  
Validity, reliability and reproducibility of three methods used to measure tooth widths for bolton analyses.  
Aust Orthod J; 25: 97-103.

Nance, HN. (1947)  
The limitation of Orthodontic treatment I. Mixed dentition diagnosis and treatment.  
Am J Orthod; 33: 177-223.

Nance, HN. (1947)  
The limitation of Orthodontic treatment II. Mixed dentition diagnosis and treatment.  
Am J Orthod; 33: 253-301.

Nie, Q; Lin, J. (1999)

Comparison of intermaxillary tooth size discrepancies among different malocclusion groups.

Am J Orthod Dentofacial Orthop;116(5):539-44.

Oktay, H; Ulukaya, E. (2010)

Intermaxillary tooth size discrepancies among different malocclusion groups.

Eur J Orthod;32: 307-12.

O'Mahony, G; Millett, DT; Barry, MK; McIntyre, GT; Cronin, MS. (2011)

Tooth size discrepancies in Irish orthodontic patients among different malocclusion groups.

Angle Orthod; 81(1):130-3.

Paredes, V. (2003)

Desarrollo de un método digital para la medición y predicción de tamaños dentarios: Aplicaciones para determinar alteraciones en el Índice de Bolton.

Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

Paredes, V; Gandía, JL; Cibrián, R. (2003)

Método de medición del índice de Bolton mediante digitalización de la arcada dentaria.

Ortod Esp; 43: 75-84.

Paredes, V; Brusola, C; Gascón, J; Torres, V; Gandía, JL; Cibrián, RM. (2004)

Resultados de una encuesta realizada entre ortodoncistas exclusivos españoles en el Rev Esp Ortod; 34:225-333.

Paredes, V; Gandía, JL; Cibrián, RM. (2006)

Determination of Bolton tooth-size ratios by digitization, and comparison with the traditional method.

Eur J Orthod; 28: 120-5.

Paredes V, Williams FD, Cibrian R, Williams FE, Meneses A, Gandia JL. (2010)

Mesiodistal sizes and intermaxillary tooth-size ratios of two populations; Spanish and Peruvian. A comparative study.

Med Oral Patol Oral Cir Bucal; Aug 15- Epub.

Paulino, V. (2009)

Estudio comparativo de las características de las arcadas dentarias entre tres grupos de edad: adolescentes, adultos jóvenes y adultos.

Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

Paulino, V; Paredes, V; Gandía, J.L; Cibrián, R. (2008)

Prediction of arch length base on intercanine width.

Eur J Orthod; 30: 295-8.

Periago, D; Scarfe, W; Moshiri, M; Scheetz, J; Silveira, A; Farman, A. (2008)

Linear Accuracy and Reliability of Cone Beam CT Derived 3-Dimensional Images

Constructed Using an Orthodontic Volumetric Rendering Program.

Angle Orthodontist;78 (3):387-95.

Pilli, R; Gonçalves Velasco, G; Scanavini, MA; Ribeiro de Miranda, AL; Furquim Siqueira, D. (2010)

Evaluation of the Bolton ratios on 3D dental casts of brazilians with natural, Normal Occlusions.

World J Orthod; 11: 67–70.

Proffit, WR. (1994)

Ortodoncia: Teoría y Práctica.

Madrid: Mosby-Doyma

Quimby, ML; Vig, KW; Rashid, R; Firestone, AR. (2004)

The Accuracy and Reliability of Measurements Made on Computer-Based Digital Models.

Angle Orthod;74: 298–303.

Redlich, M; Weinstock, T; Abed, Y; Schneor, R; Holdtein, Y; Fischer, A. (2008)

A new system for scanning, measuring and analyzing dental casts based on a 3D holographic sensor.

Orthod Craniofac Res; 11: 90-5.

Redmond, WR. (2001)

Digital models: a new diagnostic tool.

J Clin Orthod; 6: 386-7.

Rhee, SH; Nahm, DS. (2000)

Triangular- shaped incisor crowns and crowing.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 118: 624-8.

Rheude, B; Sadowsky, PL; Ferriera, A; Jacobson, A. (2005)

An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning.

Angle Orthod; 75:300-4.

Ritter, L; Reiz, SD; Rothamel, D; Dreiseidler, T; Karapetian, V; Scheer, M; Zoller, JE. (2011)

Registration accuracy of threedimensional surface and cone beam computed tomography data for virtual implant planning.  
Clin Oral Implants Res; Apr 13. Epub ahead of print.

Rivero, JC; Ochandiano, S; Carreño, A; Jiménez, S. (1998)

Uso tridimensional del oclusograma en el plan de tratamiento Ortodónico.  
Ortodoncia Española; 38: 42-50.

Roberts, JA; Drage, NA; Davies, J; Thomas, DW. (2009)

Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry.  
Br J Radiol; 82(973):35-40.

Rossouw, PE; Benatar, M; Stander, I; Wynchank, S. (1991)

A critical comparison of three methods of measuring dental models.  
J Dent Assoc S Afric; 46: 223-6.

Rudge, SJ. (1982)

A computer program for the analysis of study models.  
Eur J Orthod; 4: 269-73.

Sandler, PJ; Murray, AM; Bearn, D. (2002)

Digital records in Orthodontics.  
Dent Update; 29: 18-24.

Sanin, C; Savara, BS. (1971)

An analysis of permanent mesiodistal crown size.  
Am J Orthod; 59: 488- 500.

Santoro, M; Galkin, S; Teredesai, M; Nicolay, O; Cangialosi, T. (2003)

Comparison of measurements made on digital and plaster models.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 124: 101-5.

Scarfe, WC; Farman, AG; Sukovic, P. (2006)

Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice.

J Can Dent Assoc 72:75-80.

Schirmer, UR; Wiltshire, WA. (1997)

Manual and computer-aided space analysis: A comparative study.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 112: 676-80.

Shapiro, PA. (1974)

Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes.

American Journal Orthod; 66: 58–70.

Shellhart, WC; Lange, W; Kumpler, GT; Hicks EP; Kaplan, AL. (1995)

Reliability of the Bolton tooth size analysis when applied to crowded dentitions.

Angle Orthod; 65: 327-34.

Sheridan, JJ. (2000)

The reader's corner.

J Clin Orthod;34: 593-7.

Sherrard, JF; Rossouw, PE; Benson, BW; Carrillo, R; Buschang, PH. (2010)

Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed Tomographs.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 137: S100-8.

Sierra Bravo, R. (1991)

Diccionario práctico de estadística.

Madrid. Ed. Paraninfo.

Sillman, JH. (1964)

Dimensional changes of the dental arches: Longitudinal study from birth to 25 years.

Am J Orthod; 50: 824-42.

Silva, MA; Wolf, U; Heinicke, F; Bumann, A; Visser, H; Hirsch, E. (2008)

Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation.

Am J Orthod Dentofacial Orthop. 133(5):640.e1-5.

Sinclair PM, Little RM. (1983)

Maturation of untreated normal occlusions.

Am J Orthod; 83:114-23.

Sjögren, AP; Lindgren, JE; Huggare, JA. (2010)

Orthodontic study cast analysis--reproducibility of recordings and agreement between conventional and 3D virtual measurements.

J Digit Imaging; 23: 482-92.

Smith, SS; Buschang, PH; Watanave, E. (2000)

Interarch tooth size relationships of 3 populations: "Does Bolton's analysis apply?"

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 117: 169-74.

Speck, NT. (1950)

A longitudinal study of developmental changes in human lower dental arches.

Angle Orthod; 20: 215-28.

Sperry, TP; Worms, FW; Isaacson, RJ; Speidel, TM. (1977)

Tooth-size discrepancy in mandibular prognathism.

Am J Orthod;72(2):183-90.

Stevens, DR; Flores-Mir, C; Nebbe, B; Raboud, DW; Heo, G; Major, PW. (2006)

Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 129: 794-803

Stifter, J. (1958)

A study of Pont's, Howes', Rees', Neff's and Bolton's analysis on Class I adult dentitions.

Angle Orthod; 28: 215-25.

Strujić, M; Anić-Milosević, S; Mestrović, S; Slaj, M. (2009)

Tooth size discrepancy in orthodontic patients among different malocclusion groups.

Eur J Orthod;31(6):584-9.

Ta, TA; Ling, JY; Hägg, U. (2001)

Tooth-size discrepancies among different occlusion groups of southern Chinese children.

Am J Orthod Dentofacial Orthop;120(5):556-8.

Tarazona, B; Paredes, V; Llamas, JM; Cibrián, RM; Gandía, JL. (2011)

A comparison between dental measurements taken from CBCT models and those taken from a digital method.

Eur J Orthod 2011; Mar 22. Epub.

Tarazona B, Jiménez F, Paredes V, Gandía JL. (2010)

Relación entre las alteraciones del Índice de Bolton y las diferentes maloclusiones dentarias. Revisión de la literatura.

Rev Esp Ortodoncia; 40: 209-14.

Tomassetti, JJ; Taloumis, LJ; Denny, JM; Fischer, JR. (2001)

A comparison of 3 Computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method.

Angle Orthod; 71: 351-7.

Tran, AM; Rugh, JD; Chacon, JA; Hatch, JP. (2003)

Techno Bytes: Reliability and validity of a computer-based Little Irregularity index.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 123: 349-51.

Uysal, T; Sari, Z. (2005)

Intermaxillary tooth size discrepancy and mesiodistal crown dimensions for a Turkish population.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 128: 226-30.

Van Vlijmen, OJ; Bergé, SJ; Bronkhorst, EM; Swennen, GR; Katsaros, C; Kuijpers-Jagtman, AM. (2009)

A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls.

Int J Oral Maxillofac Surg; 38 (7): 773-8.

Van Vlijmen, OJ; Bergé, SJ; Bronkhorst, EM; Swennen, GR; Katsaros, C; Kuijpers-Jagtman, AM. (2009)

Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs.

J Oral Maxillofac Surg; 67 (1): 92-7.

Van Vlijmen, OJ; Bergé, SJ; Bronkhorst, EM; Swennen, GR; Katsaros, C; Kuijpers-Jagtman, AM. (2009)

A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone beam computed tomography scans of human skulls.

Eur J Oral Sci; 117(3): 300-5.

Van Vlijmen, OJ; Bergé, SJ; Bronkhorst, EM; Swennen, GR; Katsaros, C; Kuijpers-Jagtman, AM. (2009)

A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls.

Int J Oral Maxillofac Surg; 39(2): 156-60.

Ward, DE, Workman, J; Brown, R; Richmond, S. (2006)

Changes in arch width. A 20-year longitudinal study of orthodontic treatment.

Angle Orthod; 76:6-13.

Watanabe-Kanno, GA; Abrão, J; Miasiro Jr, H; Sánchez-Ayala, A; Lagravère, MO. (2009)

Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Ceph3 digital models.

Braz Oral Res ;23 (3):288-95.

Watanabe-Kanno, GA; Abrão, J; Junior, HM; Sánchez-Ayala, A; Lagravère, MO. (2010)  
Determination of tooth-size discrepancy and Bolton ratios using Bibliocast Cécile3  
digital models.

Int Orthod;8(3):215-26.

Wedrychowska-Szulc, B; Janiszewska-Olszowska, J; Stepień, P. (2010)  
Overall and anterior Bolton ratio in Class I, II, and III orthodontic patients.

Eur J Orthod;32(3):313-8.

Whetten, JL; Williamson, PC; Heo, G; Varnhagen, C; Major, PW. (2006)  
Variations in orthodontic treatment planning decisions of Class II patients between  
virtual 3-dimensional models and traditional plaster study models.

Am J Orthod Dentofacial Orthop; 130(4):485-91.

Yen, CH. (1991)

Computer-aided space analysis.

J Clin Orthod; 25: 236-8.

Yim, JH; Ryu, DM; Lee, BS; Kwon, YD. (2011)

Analysis of digitalized panorama and cone beam computed tomographic image  
distortion for the diagnosis of dental implant surgery.

J Craniofac Surg;22(2):669-73.

Zilberman, O; Huggare, J; Parikakis, K. (2003)

Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using  
conventional and three-dimensional virtual orthodontic models.

Angle Orthod; 73(3):301-6.

## **IX. TRABAJOS RELACIONADOS CON LA TESIS**

### **IX.1- Comunicaciones orales**

- “Estudio comparativo de la fiabilidad y reproducibilidad en la medición de los tamaños dentarios mediante el CBCT y un método digital.” SEDO Murcia, 29 Mayo-2 Junio 2010.
- “Estudio de la fiabilidad y reproducibilidad en la medición de los tamaños dentarios y de la longitud de arcada mediante el CBCT.” SEDO Barcelona, 1-4 Junio 2011.

### **IX. 2-Publicaciones**

- Tarazona B, Jiménez F, Paredes V, Gandía JL. Relación entre las alteraciones del Índice de Bolton y las diferentes maloclusiones dentarias. Revisión de la literatura, REO 2010; 40: 209-14.
- Tarazona B, Paredes V, Llamas JM, Cibrián RM, Gandía JL. A comparison between dental measurements taken from CBCT models and those taken from a digital method. Eur J Orthod 2011; Mar 22. Epub.
- Tarazona B, Jiménez F, Paredes V, Gandía JL. ¿Puede el Índice de Bolton aplicarse a todas las poblaciones? Revisión de la literatura. REO. Aceptado. Pendiente de publicación.
- Tarazona B, Paredes V, Llamas JM, Cibrián RM, Gandía JL. Estudio comparativo de la fiabilidad y reproducibilidad de los tamaños mesiodistales y las medidas de

la arcada dentaria, entre la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y un método digital. Ortod Esp. Aceptado. Pendiente de publicación.

### **IX.3- Posters**

- Tarazona B, Hernández Y, Paredes V, Gandía JL. ¿Es la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) adecuada para la medición del índice de Bolton? SEDO Barcelona, 1-4 Junio 2011.