



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**RELACIÓN ENTRE LA INCIDENCIA DE ASIMETRÍAS  
MANDIBULARES Y LA CLASE ESQUELÉTICA Y PATRÓN  
FACIAL DEL PACIENTE, MEDIDO SOBRE CONE BEAM  
COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT) MEDIANTE  
SEGMENTACIÓN**

PROGRAMA DE DOCTORADO  
EN ODONTOLOGÍA (Cod. 3143)

DOCTORANDA  
**PILAR ESPAÑA PAMPLONA**

**DIRECTORAS TESIS DOCTORAL**  
VANESSA PAREDES GALLARDO  
BEATRIZ TARAZONA ÁLVAREZ  
NATALIA ZAMORA MARTÍNEZ

Enero 2019





## **FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA.**

### **UNIDAD DOCENTE DE ORTODONCIA Y ODONTOPEDIATRIA.**

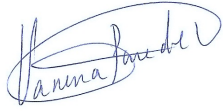
### **DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA.**

Dña. Vanessa Paredes Gallardo, Profesora Contratada Doctora del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Dña. Beatriz Tarazona Álvarez, Profesora Ayudante Doctora del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Dña. Natalia Zamora Martínez, Profesora Asociada del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

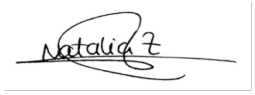
CERTIFICAN QUE: Dña. **Pilar España Pamplona**, ha realizado bajo nuestra dirección el presente trabajo titulado: **“Relación entre la incidencia de asimetrías mandibulares y la clase esquelética y el patrón facial del paciente, medido sobre Cone Beam Computed Tomography (CBCT) mediante segmentación”**, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al Grado de Doctora en Odontología por la Universitat de València.

Handwritten signature of Vanessa Paredes in blue ink, featuring a large, stylized initial 'V'.

Fdo. Vanessa Paredes

Handwritten signature of Beatriz Tarazona in black ink, with a prominent horizontal stroke at the end.

Fdo. Beatriz Tarazona

Handwritten signature of Natalia Zamora in black ink, enclosed in a thin black rectangular border.

Fdo. Natalia Zamora



## **AGRADECIMIENTOS.**

**Asimetrías en mandíbulas segmentadas**

**Agradecimientos**

En primer lugar, agradecerle a la Dra. Vanessa Paredes el haberme permitido realizar este trabajo bajo su tutela. Por estar siempre disponible para cualquier duda surgida y todas las facilidades que me ha dado para llevar a cabo este estudio. Por sus consejos y sus ganas de trabajar en todo momento.

A la Dra. Beatriz Tarazona Álvarez por sus consejos y asesoría en la corrección de este trabajo.

A la Dra. Natalia Zamora Martínez por su tiempo y su labor desinteresada, ayudándome siempre que lo he requerido.

A la Dra. Valmy Pangrazio-Kulbersh y todos los miembros del Department of Orthodontics de la University of Detroit Mercy, School of Dentist, por darme la oportunidad de realizar la estancia internacional en sus

instalaciones, enseñándome todo lo que saben y permitiendo la colaboración en sus estudios de investigación.

A mi amigo, el Dr. Vicent Domenech, que me hizo ver la luz en el manejo de los diferentes softwares informáticos, sin cuya colaboración no hubiese sido posible la realización de este trabajo de investigación.

A mis padres, José y María Concepción, que me enseñaron el valor del trabajo bien hecho.

A Julio, mi marido, que siempre tiene una palabra de apoyo en los momentos más duros.

A mi hijo Julio, que con su constante sonrisa no se ha quejado ni un momento del tiempo que este trabajo le haya podido robar.

## **RESUMEN.**



**Introducción:** El propósito de este estudio fue establecer si existe una relación entre la presencia de asimetrías mandibulares y la maloclusión esquelética o patrón facial del paciente.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo comparativo. Se analizaron imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) de 60 sujetos del Departamento de Ortodoncia de la Universidad de Valencia (34 mujeres, 26 hombres; edad media,  $32,7 \pm 11,6$  años). Las exploraciones CBCT se dividieron en 3 grupos (pacientes con Clase I, Clase II y Clase III esquelética) y se determinó el patrón facial de cada paciente. Utilizando dos programas informáticos (ITK-SNAP y 3DSlicer), se realizó la segmentación de cada paciente, construyendo modelos virtuales de superficie en tres dimensiones. Se generó la imagen en espejo de estos en el plano sagital para voltear los lados izquierdo y

derecho de cada imagen y poder realizar la superposición automática sobre la base del cráneo para alinear ambas imágenes y compararlas. Evaluamos las discrepancias entre cada hemimandíbula para evaluar la asimetría.

**Resultados:** No hubo diferencias estadísticamente significativas para la evaluación de asimetría mandibular basada en el reflejo del lado derecho e izquierdo (ésta fue menor de 1 milímetro). Hubo una diferencia significativa entre la asimetría según el área de la hemimandíbula (la mediana en milímetros fue de 1.012 para el cóndilo, 0.845 para la rama y 0.705 para el cuerpo).

**Conclusiones:** Las asimetrías mandibulares no dependen de la maloclusión esquelética ni del patrón facial del paciente.



**ABSTRACT.**



**Introduction:** The purpose of this study was to establish if there is a relationship between the presence of mandibular asymmetries and the malocclusion or facial pattern of the patient.

**Material and methods:** A retrospective, comparative study was carried out. Cone-beam computed tomography (CBCT) images from 60 subjects from the Department of Orthodontics of the University of Valencia (34 female, 26 male; mean age,  $32.7 \pm 11.6$  years) were analyzed. CBCT scans were divided into 3 groups (patients with Class I, Class II and Skeletal Class III) and the facial pattern of each patient was determined. Using two computer software (ITK-SNAP and 3DSlicer) Three-dimensional (3D) virtual surface models were constructed of each patient by segmentation. Mirroring on a sagittal arbitrary plane was used to flip the left and right sides of each image. An automatic voxel-based registration on the cranial base was used to align the volume and its mirror

for comparison. We evaluate discrepancies between each hemimandibles to assess asymmetry.

**Results:** There were no statistically significant differences for mandibular asymmetry assessment based on right or the left side mirroring (less than 1mm). There was a significant difference between the asymmetry depending on the area of the hemimandibule (the median in millimeters was 1.012 for the condyle, 0.845 for the ramus and 0.705 for the corpus).

**Conclusions:** Mandibular asymmetries are not dependent on skeletal malocclusion or the facial pattern of the patient.

# **ÍNDICE GENERAL.**



1- INTRODUCCIÓN.....	1
2- REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	10
2.1. Asimetrías.....	12
2.1.1. Definición.....	12
2.1.2. Epidemiología.....	15
2.1.3. Etiopatogenia.....	24
2.1.4. Clasificación.....	28
2.1.5. Diagnóstico.....	32
2.1.6. Tratamiento.....	42
2.1.7. Complicaciones .....	43
2.2. Maloclusiones.....	45
2.2.1. Maloclusión esquelética sagital.....	45
2.2.2. Patrón facial.....	49
2.3 Análisis de imágenes en 3D.....	52
2.3.1. Herramientas para la visualización de imágenes en 3D.....	59
2.4. Cefalometría.....	69
3- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	75
4- MATERIAL Y MÉTODOS.....	79

<b>Asimetrías en mandíbulas segmentadas</b>	<b>Índice</b>
4.1. Muestra.....	82
4.2. Método.....	87
4.2.1. Variables.....	87
4.2.2. Medidas cefalométricas.....	88
4.2.3 Segmentación.....	95
4.2.4. Metodología estadística.....	140
5- RESULTADOS.....	150
5.1. Muestra y metodología estadística.....	154
5.2. Análisis estadístico.....	162
5.3. Resultados.....	165
5.3.1. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de punto.....	165
5.3.2. Análisis de la distancia absoluta a nivel de punto.....	176
5.3.3. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de paciente.....	183
5.3.4. Análisis de la distancia absoluta a nivel de paciente.....	204
6- DISCUSIÓN.....	221
6.1. Descripción de la muestra.....	225



6.2. Criterios de inclusión.....	226
6.3. Criterios de exclusión.....	229
6.4. Error intra e inter-observador.....	229
6.5. Identificación en 3D.....	230
6.6. Análisis de resultados.....	237
6.6.1. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de punto.....	237
6.6.2. Análisis de la distancia absoluta a nivel de punto.....	242
6.6.3. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de paciente.....	244
6.6.4. Análisis de la distancia absoluta a nivel de paciente.....	245
6.7. Limitaciones del estudio.....	254
7- CONCLUSIONES.....	255
8- BIBLIOGRAFÍA.....	260
9- ANEXOS	
ANEXO 1. Informe del Comité Ético de Investigación Clínica.	

ANEXO 2. Información al Paciente.

ANEXO 3. Compromiso de Confidencialidad.

ANEXO 4. Consentimiento Informado.

ANEXO 5. Aprobación e informe para la obtención de la  
Mención Internacional.

ANEXO 6. Tablas de Resultados.

# **1. INTRODUCCIÓN.**



Definir la asimetría como algo “normal” o “anormal” puede resultar controvertido. La simetría facial puede ser definida por la posición de los puntos de ambos lados de la cara en comparación con el plano medio-sagital. Aunque la gran mayoría de caras pueden parecer bien equilibradas y simétricas en la observación clínica, los análisis radiográficos indican presencia de asimetría como una característica común de todas las caras (Sezgin y cols., 2007).

El diccionario médico de Stedman define la simetría como “igual o correspondiente en forma de dos extremos o partes distribuidas alrededor de un centro o un eje, o de los dos lados opuestos del cuerpo humano”. Clínicamente, la simetría significa balance, mientras que la asimetría se entiende como desequilibrio.

En la raza humana se presentan asimetrías frecuentes tanto de forma como de función, algunas de ellas determinadas genéticamente. Ciertas anomalías tienen

preferencia por un determinado lado, como el labio leporino, que se encuentra de forma mucho más frecuente en el lado izquierdo (Severt y Proffit, 1997).

Las asimetrías faciales se conocen como un fenómeno común y pueden presentarse de forma ligera en individuos normales, incluso en aquellos que se consideran atractivos. Ya eran descritas por los escultores griegos de la antigüedad, que se limitaban a observar y reproducir lo que encontraban en la naturaleza, es decir, las asimetrías faciales como normalidad.

Las asimetrías faciales a menudo afectan al tercio inferior de la cara, lo que se puede explicar por el gran periodo de tiempo que envuelve el crecimiento mandibular. Según el estudio de Peck y Peck (1991) que realizaron sobre pacientes, existe menos asimetría y mayor estabilidad dimensional conforme nos acercamos al área craneal.

Las asimetrías mandibulares juegan un papel muy importante tanto en la estética facial como en la funcionalidad del sistema masticatorio, por ello un diagnóstico temprano de las asimetrías mandibulares y sus posibles causas es crucial.

En la literatura (Liukkonen y cols. (2005) y Van Eslande y cols. (2008)), la asimetría mandibular se ha evaluado mediante una combinación de herramientas. Estas incluyen un examen clínico seguido de fotografías de vistas frontal y lateral, además de las radiografías bidimensionales (2D) como los cefalogramas laterales y posteroanteriores, las radiografías oblicuas de la mandíbula tomadas a 45 grados y las radiografías panorámicas.

Por tanto, la planificación del tratamiento y la evaluación de las asimetrías mandibulares estaban hasta hace poco tiempo limitadas por la dependencia en las radiografías 2D en el ámbito clínico. Los exámenes clínicos y las

radiografías frontales pueden ayudarnos a la detección de grandes asimetrías, sin embargo, para fines de planificación de tratamiento, localización y cuantificación de pequeñas asimetrías no son suficientes. En las radiografías frontales 2D de cabeza, las estructuras anatómicas se solapan. Además, los rayos X son muy dependientes de la geometría y pueden dar resultados falsos de la ubicación, extensión y gravedad de la asimetría mandibular.

Una de las grandes deficiencias de las radiografías 2D es que son representaciones 2D de estructuras tridimensionales (3D). Sin embargo, las imágenes 2D no son una buena representación de la verdad 3D anatómica del paciente. La tecnología de Tomografía Computarizada de Haz Cónico (con las siglas en inglés, CBCT) hace posible crear imágenes verdaderamente anatómicas (1:1 en tamaño) sin magnificación ni superposición. Enlow (2000) dijo: "El futuro cercano se basará en la biología



real del crecimiento y desarrollo craneofacial de un individuo, y será determinado por una evaluación 3D basada en las características morfogénicas reales de esa persona, no simplemente en puntos de referencia radiológicos irrelevantes".

La naturaleza impredecible del crecimiento asimétrico, que a menudo afecta a la simetría en los 3 planos del espacio, crea un reto particular para planificar estrategias de tratamiento quirúrgico y ortodóncico.

El uso de herramientas diagnósticas digitales como el CBCT se está extendiendo cada vez más en la clínica diaria. Cuando disponemos de una vista 3D, ésta nos proporciona los datos necesarios para obtener una precisa ubicación y magnitud de las asimetrías faciales, lo que resulta esencial para el correcto diagnóstico y la planificación de los procedimientos correctivos.

La segmentación de las estructuras anatómicas en las imágenes médicas es una tarea fundamental en la investigación, sobre todo cuando se trata del campo de la neuroimagen. La segmentación se utiliza para medir el tamaño y la forma de las estructuras craneofaciales, para guiar la normalización espacial de las estructuras anatómicas entre los individuos y para planificar las intervenciones médicas.

El uso del CBCT proporciona los datos e imágenes en 3D necesarios para obtener un conocimiento preciso de la ubicación y la magnitud de las características de las asimetrías faciales, que son esenciales para el diagnóstico de las deformidades faciales y para la planificación de los procedimientos correctivos. Sin embargo, la capacidad de visualizar la asimetría facial en modelos de superficie 3D no implica la capacidad de cuantificar y localizar con precisión las áreas de asimetría. Un análisis detallado de la posición, así como de la

discrepancia morfológica entre el lado afectado y el lado normal en un paciente con una asimetría es un requisito previo para la planificación del tratamiento ideal.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.**



## 2.1 ASIMETRÍAS

### 2.1.1 DEFINICIÓN

Según el diccionario médico de Stedman (1966), una simetría se define como “igual o correspondiente en forma de dos extremos o partes distribuidas alrededor de un centro o un eje, o de los dos lados opuestos del cuerpo humano”. Clínicamente, la simetría significa balance, mientras que la asimetría se entiende como desequilibrio.

No es fácil determinar en qué punto una asimetría “normal” pasa a ser “anormal” y su definición se suele basar en el sentido de equilibrio por parte del clínico y la percepción de desequilibrio que tiene el paciente. Dejando de lado las asimetrías aberrantes, vemos que al comparar fotografías de una cara con aquellas formadas por las mitades derecha e izquierda junto con sus imágenes en espejo, la mayor parte de las veces encontraremos 3 fotografías del mismo individuo completamente distintas (Cheong y cols., 2011).

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Las asimetrías en el área craneofacial pueden ser diferencias en el tamaño o en la relación de los lados de la cara. Esto puede ser el resultado de discrepancias tanto en la forma individual de los huesos que la forman o por una malposición de uno o más huesos del complejo craneofacial. Las asimetrías también pueden estar limitadas a los tejidos blandos (Peck y Peck, 1991).

A principios del siglo XX se comenzaron a realizar estudios sobre cráneos disecados para evaluar las asimetrías craneofaciales. Dentro de estos estudios, en el llevado a cabo por el Dr. Woo (1931) se observaron asimetrías de los huesos frontal, temporal y parietal, que aparecían alargados en uno de los lados, mientras que el lado contralateral mostraba agrandamiento de los huesos zigomático y maxilar. Estas asimetrías de ciertos huesos en cada lado del paciente permiten una correcta función e intercuspidad a pesar de la existencia de una asimetría

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

bilateral, que se va compensando con la diferencia de tamaño de unos huesos y otros.

Como demuestra este y otros estudios, podemos encontrar asimetrías en diversos huesos del complejo craneofacial, pero la asimetría mandibular es uno de los tipos más comunes de deformidad de la cara.

Además, las asimetrías mandibulares pueden representar un factor de riesgo para los trastornos temporomandibulares. Los síntomas y trastornos internos de la Articulación Temporo-Mandibular (ATM) se encuentran comúnmente en pacientes con asimetría facial (Uheki y cols., 2005). En su estudio, observaron que las posiciones de los cóndilos mandibulares, del disco y de la fosa glenoidea en pacientes con asimetría facial resultaron ser diferentes de las de los sujetos asintomáticos. Estas diferencias podían causar dolor en las articulaciones, trastornos temporomandibulares (TMD), desplazamiento de disco y/o la perforación del



disco.

### 2.1.2 EPIDEMIOLOGÍA

La prevalencia de la asimetría facial oscila entre un 8,7% a un 23,3% de la población general (Bishara y cols., 1994).

En un estudio realizado por Schmid y cols. (1991) se concluyó que el 75% de los pacientes presentaban asimetrías estructurales, mientras que el 10% eran de desplazamiento, es decir, que el tamaño y volumen de las estructuras era simétrico, pero la relación con respecto a las estructuras de soporte era asimétrica (por ejemplo, podemos encontrar una mandíbula simétrica, que produzca una asimetría relativa por la posición diferente sobre la fosa glenoidea.

#### - DISTRIBUCIÓN DE LA ASIMETRÍA POR TIPO DE MALOCLUSIÓN

En el caso de las asimetrías mandibulares presentes en

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

pacientes con Clase II subdivisión, Rose y cols. (1994) observaron que el primer molar inferior en las asimetrías de Clase II subdivisión se posicionaba más posteriormente en el lado con Clase II, afirmando que la asimetría resulta de la intervención dentoalveolar sin cambios observables en la mandíbula.

Por otro lado, Araujo y cols. (1994) examinaron la posición de las líneas medias dentales en relación con la línea media facial y se reveló que la desviación de la línea media dental inferior era más común que la de la línea media superior, lo que sugiere que la causa de esta asimetría es de naturaleza mandibular.

Severt y Proffit (1997) en su trabajo, reportaron frecuencias de asimetría facial del 5%, 36% y 74% en los tercios superior, medio e inferior de la cara, respectivamente.

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Además, concluyeron que los pacientes con problemas de Clase II, debido o no a la deficiencia mandibular, tenían una prevalencia de asimetría del 28%, mientras que aquellos con otros tipos de problemas (por ejemplo, Clase III, cara larga, Clase I) tuvieron una prevalencia del 40%. En los pacientes con clase III y asimetría mandibular estadísticamente significativa, la desviación del mentón con respecto a la línea media era de al menos 2mm.

Al observar los cambios maxilares y mandibulares en la Clase II subdivisión y las maloclusiones de Clase I, Janson y cols. (2001) en su estudio sobre la evaluación 3D de asimetrías dentales y esqueléticas demostraron que los cambios dentoalveolares ocurrían en mandíbulas sin asimetría posicional. La causa principal de la relación molar de Clase II subdivisión fue la posición distal de los molares inferiores en el lado Clase II. La posición de los molares mesiales superiores, también en el lado Clase II,

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

fue una causa secundaria. La línea media dental inferior también presentó desviaciones más frecuentes en el lado con Clase II que la línea media dental superior. Por lo tanto, este estudio y otros anteriores (Rose y cols. (1994) y Araujo y cols. (1994)) demostraron que las asimetrías presentes en los pacientes de Clase II subdivisión son principalmente de origen dentoalveolar.

Chew (2006) observó asimetría en el 35,8% de 212 pacientes de origen asiático con deformidades dentofaciales, con la mayoría de los casos en pacientes con maloclusión oclusal de clase III. Sugirió que se prestara especial atención a los pacientes de clase III para detectar cualquier asimetría. La clase III es más común en los asiáticos que en los caucásicos, por lo que concluyó como suposición razonable que hay más pacientes con asimetría facial entre la población normal en Asia que en los países occidentales.

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Otros estudios (Cheong y Lo, 2011) han demostrado que las asimetrías faciales son más frecuentes en las clases II y III, aunque pueden estar presentes en pacientes con normoclusión y clase I.

Veli y cols. (2011) realizaron un estudio sobre Cone Beam Computed Tomography (CBCT) para evaluar la relación entre asimetría mandibular y mordida cruzada. En su estudio con 45 pacientes (15 en el grupo control, 15 con mordida cruzada posterior unilateral y 15 con mordida cruzada posterior bilateral) observaron que los sujetos sanos (del grupo control) también presentaban asimetrías y que contrariamente a los pacientes con mordida cruzada unilateral, los que presentaban mordida cruzada bilateral tenían asimetrías específicas de lado, es decir, tanto el volumen de la rama mandibular como el de la hemimandíbula en conjunto, era mayor en el lado izquierdo. La mordida cruzada posterior constituía

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

entonces un factor predisponente para la presencia de asimetría mandibular.

En el estudio de Sievers y cols. (2012) sobre CBCT, plantearon la hipótesis de que los patrones esqueléticos de clase II (definiendo la clase II como una variación esquelética identificable) pueden presentar niveles aumentados de asimetría esquelética. A pesar de ello, observaron que no era mayor que en aquellos pacientes con clase I esquelética.

Sanders y cols. (2014) observaron pequeñas asimetrías, menores de 1mm, en todos los pacientes de su estudio, que presentaban clase I esquelética.

Meloti y cols. (2014) calcularon el índice de asimetría dental (IDA) y el índice de asimetría mandibular (IMA) en pacientes con Clase I, Clase II y Clase II subdivisión,

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

sobre telerradiografías laterales, concluyendo que era más frecuente la asimetría de origen dental en los pacientes con Clase II subdivisión sobre los otros grupos, pero que la asimetría de origen esquelético era más frecuente en los pacientes con Clase I que en aquellos con Clase II.

### **- DISTRIBUCIÓN DE LA ASIMETRÍA POR LADO**

Dentro de nuestra búsqueda bibliográfica se han encontrado varios estudios que determinan el porcentaje de asimetría mandibular dependiendo del lado del paciente. El llevado a cabo por Severt y Proffit (1997) demostró que cuando la barbilla se desviaba transversalmente, había un 80% de probabilidad de que la desviación fuera a la izquierda.

Sanders y cols., en su estudio del año 2014, encontraron predominancia moderada del lado derecho sobre una deficiencia en el izquierdo en las regiones artículo-

temporal y condilar. Estos resultados fueron consistentes con otros estudios (Haraguchi (2008), Peck (1991)) que mostraron una tendencia hacia la lateralidad del lado derecho, con diferentes grados de significancia.

#### - DISTRIBUCIÓN DE LA ASIMETRÍA POR ÁREA

De acuerdo al estudio de Moss y Rankow (1998), la mandíbula es un compuesto de unidades esqueléticas relativamente independientes, incluyendo el proceso alveolar, el proceso coronoide, el proceso angular, el cuerpo, el proceso condilar y la barbilla. Estos autores concluyen que el examen de la asimetría mandibular distribuido según las unidades esqueléticas podría ser útil para comprender la etiología de la ésta.

Los resultados de Baek y cols. (2007), en cuyo estudio realizaron mediciones lineales sobre CBCT, vieron que la



longitud del cuerpo mandibular no era significativamente mayor en el lado no desviado, sino que la asimetría facial en los pacientes con Clase III esquelética parecía ocurrir debido al mayor crecimiento y a la inclinación mesial de la rama del lado no desviado y al exceso vertical maxilar en el lado opuesto.

Esos hallazgos contrastan con los hallados en el estudio de You y cols. (2010), también sobre CBCT, donde se midieron los cambios dimensionales en cada unidad esquelética en pacientes con asimetría facial y prognatismo mandibular. Se llevaron a cabo medidas lineales para examinar las posibles asimetrías entre las diferentes partes óseas. Tanto el cóndilo como el cuerpo mandibular contribuían a la presencia de asimetría mandibular, con un rol más importante en la unidad condilar. En el grupo con asimetría, la longitud condilar y corporal fueron significativamente más largas en el lado no desviado que en el lado desviado, pero la longitud del

mentón no fue significativamente diferente entre los dos lados. La longitud de la unidad angular no fue significativamente diferente entre los dos lados, y la longitud de la apófisis coronoide fue significativamente más corta en el lado no desviado.

En el estudio de AlHadidi y cols. (2012) realizado en pacientes previamente diagnosticados con asimetría mandibular (al menos 2mm de desviación del mentón y plano oclusal inclinado) se observó asimetría del cóndilo mandibular en el 8% de los casos y asimetría mandibular a lo largo de las áreas de la rama y del cuerpo mandibular en el 17,8% de los casos, el 74,2% restante mostró asimetría morfológica y posicional generalizada en el cóndilo, rama y cuerpo mandibular.

### **2.1.3 ETIOPATOGENIA**

La etiología para muchos casos de asimetría facial es todavía desconocida. El desarrollo de una asimetría facial

es idiopático y no sindrómico en la naturaleza, y no es raro observarla en la población general.

Las asimetrías no se observan en el nacimiento o primera infancia, y aparecen gradualmente, llegando a ser muy aparentes en la adolescencia (Cheong y cols., 2011). Algunas de las hipótesis que se plantean ante este hecho son la masticación unilateral o dormir siempre del mismo lado.

Como resume Bishara y cols. (1994) en su estudio, tres pueden ser las principales causas, entre las que encontramos factores genéticos, ambientales y una combinación de ambos.

**- Factores genéticos: originados prenatalmente.**

Implicados en determinadas enfermedades como la neurofibromatosis (con una incidencia familiar asociada a un gen dominante) o la microsomnia hemifacial, con una prevalencia entre 1:3000 a 1:5000 nacimientos (Heike y cols., 2013).

En casos como el labio leporino se observa también una mayor prevalencia en el lado izquierdo (Severt y Proffit (1997)).

Estudios como el de Thiesen y cols. (2016) determinan que la ausencia congénita de dientes y las asimetrías mandibulares no presentan ninguna asociación, ambas indican un origen genético, pero éste es diferente.

**- Factores ambientales:**

- Factores de desarrollo, que aparecen durante el crecimiento del individuo y cuya etiología es desconocida.
- Factores adquiridos, resultado de un traumatismo o una enfermedad.

Resulta difícil encontrar factores productores de asimetrías que no sean genéticos.

Englobamos aquí:

## Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura

1. Aquellas deformidades producidas en los huesos del complejo craneofacial en el momento del parto, que producen asimetrías óseas, que generalmente se resuelven a los pocos días o semanas.
2. Osteocondroma de cóndilo (que produce asimetría facial con mordida abierta del lado afecto y desviación mandibular).
3. Traumas e infecciones de la articulación temporomandibular en pacientes en crecimiento.
  - a. Fracturas no tratadas.
  - b. Anquilosis derivadas de las mismas.
4. Daños en un nervio que deriven en asimetrías por la falta de función y tono en los músculos afectados.
5. Hábitos como la succión digital.
6. Masticación unilateral (debido a caries,

extracciones o trauma).

- **Combinación de factores genéticos y ambientales**

#### 2.1.4 CLASIFICACIÓN (según Bishara y cols. (1994))

Las asimetrías dentofaciales pueden ser clasificadas de acuerdo a las estructuras que engloban, ya sean dientes, huesos o músculos.

##### **a. ASIMETRIAS DENTALES**

En el número o tamaño de los dientes.

Debido a factores locales como pérdida de dientes deciduos, agenesias o hábitos (como la succión digital) o falta de exactitud a nivel genético, que produce diferencias en los tamaños mesiodistales de los dientes.

Gran y cols. (1966) encontraron que la asimetría en el

tamaño dental no suele envolver a la totalidad del arco dentario.

No solo se pueden encontrar asimetrías en el tamaño o número de dientes, sino que esta también puede localizarse en la forma de los arcos dentales.

### **b. ASIMETRÍAS ESQUELÉTICAS**

En tamaño y volumen de los huesos o en la posición de estos con respecto a las estructuras vecinas. Son verdaderas asimetrías óseas.

La desviación puede encontrarse en un hueso como el maxilar o la mandíbula o envolver a varias estructuras de un lado de la cara (como encontramos en la microsomía hemifacial).

El cóndilo juega un papel importante como sitio de crecimiento en la mandíbula, donde mediante reabsorción y aposición de hueso, puede determinar la posición de la mandíbula para poder girar en el cráneo. Su morfología

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

superficial y su densidad ósea se correlacionan con la patogénesis de la asimetría mandibular y la fuerza oclusiva bilateral desequilibrada.

Además, se pueden encontrar asimetrías tanto en la rama como en el cuerpo mandibular.

### **c. ASIMETRIAS MUSCULARES**

Por desproporciones en el tamaño muscular o anomalías en el correcto funcionamiento de los mismos, que producen a su vez desviaciones esqueléticas y dentales.

### **d. ASIMETRIAS FUNCIONALES**

No son verdaderas asimetrías, sino desviaciones funcionales que se producen durante la apertura y cierre mandibular.

Si se presentan en individuos en crecimiento y perduran en el tiempo pueden derivar en verdaderas asimetrías



esqueléticas.

La mandíbula se puede desviar lateralmente o anteroposteriormente cuando existen interferencias dentales en relación céntrica. Se produce un contacto dental inicial en relación céntrica que produce una desviación mandibular para llegar a la oclusión céntrica.

Pueden estar causadas por:

- Arco maxilar constreñido (incluso cuando la constricción sea simétrica)
- Factores locales como las malposiciones dentales

También se pueden producir problemas en la articulación temporomandibular donde se produce un desplazamiento del disco con reducción que a su vez determina un deslizamiento mandibular durante la apertura y el cierre mandibular, causando interferencias en la traslación mandibular del lado afecto.

### **2.1.5 DIAGNÓSTICO (Bishara y cols. (1994))**

Las asimetrías dentofaciales son un gran reto para el tratamiento de ortodoncia y un diagnóstico preciso es la llave para localizarlas y determinar la mejor estrategia de tratamiento.

#### **2.1.5.1 Anamnesis**

La historia médica debe comenzar con la averiguación de lo que más preocupa al paciente y la evaluación de la historia médica del mismo.

Es importante conocer la edad del paciente (sobre todo en asimetrías funcionales, cuyo pronóstico es muy bueno en edades tempranas) y los antecedentes médicos del mismo.

Es necesario un examen clínico y radiográfico para determinar la extensión de la asimetría dental, esquelética y de tejidos blandos, y el componente funcional existente.

### **2.1.5.2 Signos clínicos**

El examen clínico implica una inspección visual de la cara al completo (teniendo en cuenta que ciertas posturas o cortes de pelo pueden enmascarar las asimetría), palpación de los tejidos blandos y defectos de los huesos, comparar la línea media dental y la línea media facial, inspección de la simetrías de los ángulos goniacos y el borde inferior del cuerpo mandibular, determinar la cantidad de encía que se muestra en ambos lados, evaluación de la maloclusión presente, presencia del plano oclusal cantedo, mordidas abiertas, distancia interincisiva en apertura máxima, desviación mandibular y estado de la articulación temporomandibular.

También será muy útil la realización de modelos de estudio y de fotografías para la mejor observación del paciente.

Mediante el examen clínico podemos detectar asimetrías a nivel vertical, anteroposterior y transversal.

a. Evaluación de las líneas medias dentales

En diferentes posiciones: boca abierta, relación céntrica, primer contacto dental y oclusión céntrica.

Las asimetrías esqueléticas presentarán similar desviación tanto en oclusión como en relación céntrica.

b. Evaluación oclusal vertical

La presencia de un plano oclusal cantedo puede deberse a un aumento unilateral de la longitud del cóndilo y la rama mandibulares, o por un diferente nivel unilateral del maxilar o la fosa glenoidea.

El canteo del plano puede observarse fácilmente pidiendo al paciente que muerda un depresor lingual y determinando el paralelismo con respecto al plano bibupilar.

Las mordidas abiertas unilaterales de desarrollo

progresivo pueden ser el resultado de una hiperplasia o neoplasia condilar.

c. Evaluación oclusal transversal y anteroposterior

Reineke y cols. (1997) aconsejaban clasificar la asimetría basándose en la posición de tres áreas anatómicas con respecto a la línea media facial:

- Espina nasal anterior
- Cuerpo mandibular
- Sínfisis mandibular

Se debe diagnosticar correctamente el origen de las mordidas cruzadas unilaterales (esquelético, dental o funcional). Cuando es de origen funcional, el mentón se situará centrado con respecto a la línea media facial cuando el paciente se encuentre con la boca abierta.

Es aconsejable colocar una férula oclusal para desprogramar el desplazamiento y poder realizar una evaluación más precisa.

Las asimetrías dentales se deben evaluar mediante modelos orientados correctamente, examinando cada arcada por separado.

Las asimetrías debidas a rotación completa del hueso maxilar o mandibular se deben diagnosticar con el montaje de modelos en articuladores anatómicos (Cheney, 1961).

d. Evaluación transversal esquelética y de tejidos blandos

Examinar el dorso y la punta de la nariz, además del filtrum y el punto medio del mentón.

Observar la mandíbula desde una vista inferior puede ayudar a detectar asimetrías de la misma con respecto al resto de las estructuras faciales.

Las asimetrías clínicamente detectables pueden estar asociadas con otras anomalías esqueléticas ocultas en otras áreas del complejo óseo facial. Por ejemplo, una

desviación clara del mentón puede estar asociada con significativa desviación vertical y horizontal de otros puntos de la cara (tanto en tercio superior, medio como inferior), lo que complica el diagnóstico y planificación del tratamiento, pues el plano de referencia puede estar distorsionado. Es por lo que necesitamos además un diagnóstico radiológico que nos permita cuantificar la gravedad de la asimetría.

### **2.1.5.3 Diagnóstico radiológico**

#### **a. ORTOPANTOMOGRAFÍA**

Muy útil como primera prueba diagnóstica, pues es fácil de obtener y los niveles de radiación son reducidos, pero no resulta del todo eficaz para un diagnóstico preciso debido a dos inconvenientes propios de esta técnica, la bidimensionalidad y la magnificación o distorsión de la imagen (Lindauer y cols., 1992).

**b. TELERRADIOGRAFIA LATERAL DE CRANEO**

Está limitada a la superposición entre las estructuras derechas e izquierdas, que además al encontrarse a diferente distancia del foco, no mostrarán su tamaño real y por lo tanto no se pueden comparar por la diferencia de magnificación.

Además, al ser tomada con los agujeros auditivos como punto de referencia, se presupone que estos son simétricos y no siempre será así (Sutton, 1968).

Aunque fácil de conseguir, sólo nos muestra y muy poca información en las asimetrías de altura de rama, longitud mandibular y ángulo goniaco.

**c. TELERRADIOGRAFIA POSTEROANTERIOR DE CRANEO**

Permite la valoración de la simetría entre lado derecho e izquierdo por situarse éstos a similar distancia del foco de rayos X.



## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Se puede realizar una en oclusión céntrica y otra con boca abierta para valorar la desviación funcional, en el caso de que esté presente.

Para localizar una asimetría con esta proyección debemos localizar estructuras simétricas para tomarlas como referencia.

Harvold (1954) recomendaba:

- Construir una línea horizontal a través de las suturas zigomático-frontales como eje horizontal.
- Una perpendicular a ésta pasando por la bisectriz de la cresta galli, como eje vertical (pasará aproximadamente por el eje mediofacial), pues observó que Nasion y la espina nasal anterior coinciden con la línea media facial en el 90% de los casos.

### **d. CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)**

Los sistemas de Tomografía Computarizada de Haz

Cónico (TCHC), en inglés Cone Beam Computed Tomography (CBCT) son las herramientas más útiles. Diversos estudios han demostrado que los métodos diagnósticos en 2D proveen menor exactitud que aquellos en 3D (D'Urso y cols. (1999), Zhu y cols. (2014)).

Se ha puesto el foco de atención en el diagnóstico ortodóncico mediante tomografía computarizada en 3D por las siguientes razones:

- (1) Es posible una medición real sin distorsión independientemente de la postura de la cabeza del paciente.
- (2) Se utilizan puntos de referencia de superficie anatómica real, no puntos de referencia proyectados, para las mediciones dimensionales.
- (3) Permite mediciones volumétricas de un objeto. Por lo tanto, se considera una herramienta eficaz para entender la asimetría.

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Las imágenes CBCT están formadas por vóxeles isotrópicos (es decir, poseen dimensiones iguales en altura, anchura y profundidad), que permiten una fácil reconstrucción multiplanar sin pérdida de resolución espacial (Lukat y cols., 2015).

El CBCT permite a los médicos obtener imágenes en 3D con una mejor visualización de las estructuras craneofaciales, lo que aumenta significativamente el nivel de confianza de los ortodoncistas. Permiten una precisa localización y cuantificación de las asimetrías sin que haya distorsiones o artefactos.

Las imágenes tridimensionales de CBCT son especialmente adecuadas para evaluar la asimetría ya que utilizan un algoritmo de reconstrucción incorporado para corregir las distorsiones conocidas debidas a la geometría de la proyección y permiten a los facultativos evaluar la anatomía del cráneo tanto mediante representaciones superficiales tridimensionales o

mediante cortes bidimensionales precisos a través del cráneo.

Además de proveer de excelentes detalles para el correcto diagnóstico y tratamiento de las asimetrías, también proporciona información para la fabricación de dispositivos y modelos óseos 3D en acrílico, que facilitan la evaluación y la planificación quirúrgica.

### 2.1.6 TRATAMIENTO

Los tratamientos interceptivos, como la eliminación de problemas con las vías aéreas, parafunciones (con rechinar de dientes) o la corrección de las mordidas cruzadas unilaterales con desviación mandibular mediante expansión rápida maxilar (RPE) pueden ser beneficiosos durante la dentición primaria, creando óptimas condiciones para el desarrollo oclusal normal, un correcto crecimiento y la mejora de la simetría facial (Primozić y cols., 2013).

## **2.1.7 COMPLICACIONES**

Las asimetrías faciales pueden causar un gran número de complicaciones en los pacientes que las presentan:

- Problemas estéticos con componentes psicológicos (la percepción del paciente de la asimetría y las expectativas de tratamiento deben ser tenidas en cuenta, pues una inadecuada percepción y expectativas pueden ser una contraindicación para el tratamiento de esta).
- Maloclusiones dentarias.
- Alteraciones en el movimiento de la articulación temporomandibular. La oclusión desequilibrada en pacientes con asimetría mandibular puede causar una distribución anormal del estrés en las superficies articulares y una remodelación ósea disfuncional de los cóndilos, causando un trastorno interno y el deterioro funcional de las articulaciones temporomandibulares y finalmente conducir a la

osteoartritis (Zhao y cols., 2010).

En el estudio de Lin y cols. (2013), los autores evaluaron las diferencias entre cóndilos de pacientes con asimetrías mandibulares diagnosticadas previamente. Determinaron que una simple recolección de distancias lineales, ángulos y vectores no era suficiente para representar las características de la superficie articular. Analizando los modelos de TC reconstruidos, cuantificaron el tamaño, el volumen, la curvatura y la densidad ósea de la superficie condilar tanto en el lado desviado como en el no desviado para proporcionar una forma de cuantificación más objetiva para evaluar la asimetría facial. Encontraron que, de los 55 pacientes, el cóndilo era mayor en el lado donde se presenta la desviación, además de ser más plano lo que indica una asociación directa entre la asimetría mandibular y la remodelación de la articulación y el cóndilo. La

pendiente anterior de la cavidad glenoidea era más plana y la posterior más convexa en el lado desviado que en el contralateral.

- Otros problemas de la articulación temporomandibular como dolor y presencia de ruidos o clics.

## **2.2 MALOCLUSIONES**

Cuando hablamos de maloclusión, es importante clasificarla en los tres planos del espacio, anteroposterior, vertical y transversal, ya que afecta al conjunto del aparato estomatológico en general, el cual constituye el sistema craneofacial tridimensional.

### **2.2.1 Maloclusión esquelética sagital**

Al aludir a la maloclusión esquelética sagital, nos referimos a la relación anteroposterior del hueso maxilar

con respecto a la mandíbula (Steiner, 1953).

Cuando usamos el Wits Appraisal, no se trata de un análisis por sí solo, sino de una ayuda diagnóstica para medir la severidad de la desarmonía maxilo-mandibular a nivel anteroposterior.

Para calcularlo se deben trazar dos perpendiculares del punto A y el punto B al plano oclusal de Ricketts.

Los puntos de contacto obtenidos al plano oclusal desde A y B se denominan AO y BO, respectivamente.

#### CLASE I

Caracterizada por las relaciones mesiodistales normales de los maxilares y arcos dentales, indicada por la oclusión normal de los primeros molares. Los sistemas óseos y neuromusculares están balanceados.

Wits establece una Clase I esquelética cuando los valores entre los puntos AO y BO son de 0.



## CLASE II

Cuando por cualquier causa la mandíbula ocluye distalmente con respecto al maxilar.

Wits establece una clase II esquelética cuando los valores entre los puntos AO y BO son positivos, es decir AO está por delante de BO.

El maxilar está protruido, o bien la mandíbula está retruida, o ambas.

Existen dos divisiones de la clase II, diferenciándose en la posición de los incisivos superiores, en la primera estando protruidos y en la segunda retruidos.

- División I

- Incisivos superiores proinclinados.

- El sistema neuromuscular es anormal y dependiendo de la severidad de la maloclusión puede existir incompetencia labial.

- División II

- Incisivos superiores retroinclinados.

Sobremordida vertical anormal.

Clasificación de Van der Linden (1983):

a. Tipo A: gran falta de espacio. Los cuatro incisivos superiores se encuentran retroinclinados y los caninos, que erupcionan posteriormente se localizan vestibulizados.

b. Tipo B: menor falta de espacio. Los incisivos centrales superiores se encuentran retroinclinados, pero los incisivos laterales se encuentran vestibulizados.

c. Tipo C: exceso de espacio. Los seis dientes anterosuperiores se encuentran retroinclinados.

### CLASE III

Caracterizada por la oclusión mesial de la mandíbula con respecto al maxilar superior. El sistema neuromuscular es anormal encontrando protrusión ósea mandibular con o sin tamaño aumentado de ésta, retrusión maxilar, siendo

éste de tamaño normal o reducido, o ambas.

Wits establece una Clase III esquelética cuando los valores entre los puntos AO y BO son negativos, es decir, el punto BO está por delante de AO.

El maxilar está retruído, o bien la mandíbula está protruida, o ambas).

## **2.2.2 Patrón facial**

Respecto a las maloclusiones verticales, son aquellas que presentan un aumento o disminución de la altura facial inferior. La dirección de crecimiento vertical y horizontal viene definida por el ángulo FMA (ángulo formado por el plano mandibular de Steiner, Go-Gn, y el plano de Frankfurt, Po-Or). Siendo éste normal con unos valores entre  $22^{\circ}$ - $28^{\circ}$ , hipodivergente o con crecimiento horizontal cuando es  $<22^{\circ}$  e hipodivergente o con tendencia al crecimiento vertical con valores  $>28^{\circ}$ .

Analizamos las características de los patrones faciales descritos por Ricketts (1981):

**- Pacientes dolicofaciales o hiperdivergentes:**

- Menor anchura apófisis coronoides
- Cóndilo estrecho y alargado
- La dirección del eje del cóndilo será hacia atrás
- Rama mandibular fina y alargada
- Escotadura antegonial muy marcada
- Ángulo goniaco más abierto
- Sínfisis mandibular en forma de lágrima
- Canal mandibular más inclinado

**- Pacientes braquifaciales o hipodivergentes:**

- Mayor altura apófisis coronoides
- Cóndilo ancho y corto
- La dirección del eje del cóndilo es recta
- Rama mandibular gruesa y corta

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

- Escotadura antegonial poco marcada
- Ángulo goniaco más cerrado
- Sínfisis mandibular ancha y robusta
- Canal mandibular recto

Se debe incluir la maloclusión transversal, como otra entidad diferente, que se puede presentar dentro de cualquiera de las maloclusiones anteroposteriores y/o verticales. Se define como aquella maloclusión que presenta alteraciones de la oclusión en el plano transversal, independientemente de las alteraciones o relaciones dentales y esqueléticas que existan en los planos sagital y vertical.

Se divide en mordida cruzada posterior y mordida en tijera.

En la mordida cruzada posterior, uno o más dientes de la arcada superior ocluyen por dentro de la arcada inferior. Fue Pedro Lorente en 2002, el clínico que mejor ha

sabido clasificarlas, facilitando su diagnóstico y tratamiento, dividiéndolas en tres grandes familias:

- Mordidas cruzadas bilaterales
- Mordidas cruzadas unilaterales
- Mordidas cruzadas completas

A su vez, cada una de estas familias se subdivide en grupos y subgrupos, dependiendo si presentan una mandíbula normal, comprimida o sobreexpansionada.

La mordida en tijera se establece cuando uno o varios dientes superiores cubren por completo a los dientes inferiores. Cuando se presenta de forma bilateral se denomina Síndrome de Brodie.

## **2.3 ANÁLISIS DE IMÁGENES EN 3D**

En odontología, las imágenes CBCT tridimensionales proporcionan información diagnóstica adicional sobre:

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

(1) El tamaño, la forma y la posición de las cabezas del cóndilo mandibular.

(2) La anchura dental.

(3) La morfología, inclinación, desplazamiento o desviación de las superficies laterales y mediales de las ramas y cuerpos mandibulares.

(4) El posicionamiento de las raíces de los dientes.

(5) La localización de dientes impactados o supernumerarios.

(6) La morfología palatina.

(7) La morfología de los lugares en los que se quiere colocar implantes o realizar osteotomías.

Toda esta información puede ayudar a la identificación de zonas afectadas, realizar un correcto plan de tratamiento y permitir comparaciones de la estabilidad a largo plazo de los diferentes tratamientos.

Aunque algunos autores han afirmado que las imágenes de alta resolución (tamaño de voxel menor de 0.2mm)

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

proporcionan diagnósticos significativamente más precisos (Librizzi y cols., 2011), otros no encontraron diferencias entre los tamaños de voxel que van desde 0.125 a 0.4mm para la mayoría de los propósitos clínicos (Liedke y cols., 2009). Se ha demostrado que un tamaño de voxel de 0,3mm se asocia a un buen rendimiento de diagnóstico con menor exposición a los rayos X (Hekmatian y cols., 2014).

Las imágenes tridimensionales de CBCT son especialmente adecuadas para evaluar la asimetría ya que utilizan un algoritmo de reconstrucción incorporado para corregir las distorsiones conocidas debidas a la geometría de la proyección y permiten a los facultativos evaluar la anatomía del cráneo tanto mediante representaciones superficiales tridimensionales como mediante cortes bidimensionales precisos a través del cráneo.



Existen dificultades y ventajas únicas asociadas con la identificación de puntos de referencia craneométricos en imágenes 3D. Algunos puntos de referencia se pueden identificar fácilmente en uno o dos planos del espacio, pero la identificación en el tercer plano del espacio puede ser difícil. Además de que el CBCT evita la presencia de estructuras superpuestas y posible distorsión de las imágenes, otra ventaja es la visualización usando las pilas de cortes de CBCT, conocidas como imágenes de reconstrucción multiplanar (MPR). Esto permite la inspección desde cualquiera de los tres planos del espacio para ayudar a identificar puntos de referencia desde múltiples vistas. Grauer y cols. (2009) recomiendan la identificación de puntos de referencia en las imágenes MPR en lugar de en el renderizado superficial tridimensional, ya que la imagen renderizada depende de factores como el contraste de la imagen, el movimiento durante la adquisición de la imagen, la relación señal-

ruido y los filtros de umbral aplicados por el operador.

Existen varias variables que podrían influir en la exactitud de las mediciones lineales reportadas en la literatura. El tamaño de voxel, el tipo de detector de imagen, el tiempo de exploración, el tiempo de reconstrucción, la dosis de radiación y la posición de la cabeza han sido mencionados como variables que podrían afectar las mediciones lineales de CBCT (De Oliveira y cols. (2009), Ruellas y cols. (2016)).

En estudios como el de El-Beialy y cols. (2011) investigaron la influencia de la posición de la cabeza antes de la adquisición del CBCT sobre la exactitud de las mediciones en 3D. Sus conclusiones indicaron que las mediciones basadas en imágenes de superficie de CBCT en 3D eran precisas y pequeñas variaciones en la posición de la cabeza del paciente no influyeron en la exactitud de las mediciones.

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Ruellas y cols. (2016), en su estudio sobre 30 pacientes adultos para evaluar los errores de medición causados por la orientación de la cabeza del paciente, concluyeron que la cantidad de cambios direccionales en cada plano del espacio está fuertemente influenciada por la orientación de la cabeza. Una orientación estandarizada y un sistema de coordinación común permite evaluaciones anteroposteriores, verticales y transversales apropiadas. También desarrollaron un método reproducible para una correcta orientación de la cabeza:

- El plano sagital medio del modelo 3D fue orientado verticalmente y coincidente con el plano sagital.
- El plano horizontal de Frankfurt fue orientado horizontalmente para coincidir con el plano axial.
- La línea transporiónica fue orientada para coincidir con la intersección del plano axial y coronal.

You y cols. (2010) comentan en su estudio que es difícil

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

describir la etiología precisa de la asimetría debido a algunas limitaciones.

En el desarrollo de su estudio, la posición espacial de la mandíbula no se definió (las mandíbulas fueron separadas de las imágenes completas, y los dientes se removieron por encima del hueso alveolar). El inconveniente de este procedimiento es que no se tienen en cuenta un posible modelado en la fosa mandibular o cambios en la base craneal. En segundo lugar, no consideraron los músculos y otros tejidos blandos; todo esto, concluye, es significativo para la interpretación de la relación entre forma y función.

Como explican Sievers y cols. (2012), los errores de identificación de los puntos de referencia son probablemente la principal fuente de error en su estudio. El análisis de Altman Bland indicó que para ese estudio la reproducibilidad en la dimensión mediolateral (dx) fue la más pobre.

### **2.3.1 Herramientas para la visualización de imágenes en 3D**

En los últimos años se han ido diseñando softwares de manejo de imágenes en 3D que permiten el desarrollo de modelos virtuales para el estudio del complejo craneofacial del paciente, es decir, realizar segmentaciones del mismo.

#### **SOFTWARES DE ANÁLISIS DE IMÁGENES EN 3D**

En el campo del software de análisis de imágenes biomédicas en 3D existe un gran número de paquetes software (Mayo Analyze, GIST) que proporcionan capacidad de segmentación semiautomática.

En el caso de SNAP, es un software que resulta fácil de aprender, eficiente para desarrollar una tarea específica, pues incluye un conjunto completo de herramientas de edición y una interfaz de usuario que proporciona mecanismos de retroalimentación destinados a hacer la

selección de parámetros más fácil para los usuarios no expertos. SNAP destaca como una herramienta con todas las funciones dedicadas específicamente a la segmentación (Yushkevich y cols., 2006).

## SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES 3D

### *a. ¿Qué es la segmentación?*

La segmentación de una imagen se refiere al proceso de delinear la forma de las estructuras visibles en las secciones transversales de un conjunto de datos volumétricos, construyendo un modelo virtual en 3D.

### *b. Métodos de segmentación*

Existen dos métodos para realizar la segmentación de una imagen y la construcción de un modelo en 3D.

- Manual

El observador debe seleccionar los límites de la imagen capa a capa en las tres vistas del espacio y en la vista 3D. Para definir una región, el usuario hace una serie de clics, formando un contorno cerrado, que luego se puede editar moviendo, insertando y eliminando vértices. Al integrar el contorno con la máscara 3D, el usuario asigna una etiqueta al contorno que se aplica a todos los vóxeles que presentan las mismas características.

- Semiautomática

El software realiza una segmentación inicial que el observador puede modificar posteriormente si resulta necesario.

La segmentación semi-automática con SNAP requiere poco entrenamiento y es significativamente eficiente. Se muestra equivalente a la segmentación manual realizada por expertos, tanto con respecto a la fiabilidad intra-

método como a la validez inter-método. Además, el tiempo de segmentación se ve significativamente reducido y el tiempo de entrenamiento necesario es mucho menor (Yushkevich y cols., 2006). En este mismo estudio concluyeron que las segmentaciones semi-automáticas hechas con ITK-SNAP eran significativamente más reproducibles que las segmentaciones manuales.

La segmentación implica delinear la forma de las estructuras visibles en las secciones transversales de un conjunto de datos volumétricos en las imágenes en el CBCT.

Tras la realización de las segmentaciones, se crean modelos virtuales que nos permiten una comprensión cuantitativa y cualitativa de la morfología del aparato estomatognático. Además, nos permite realizar superposiciones para evaluar zonas de crecimiento,



detectar asimetrías o simular tratamientos quirúrgicos entre otras muchas aplicaciones.

Existen diversos estudios en la literatura que utilizan un protocolo similar para poder realizar superposiciones disminuyendo los posibles errores dependientes del observador:

- Los estudios de Cevidanes y cols. (2006, 2009).

Los métodos de superposición que realizaron son totalmente automatizados, con un registro rígido de los boxes de la base craneal para evitar técnicas dependientes del observador basadas en la superposición de puntos de referencia anatómicos. Después de que el software enmascaraba las estructuras maxilares y mandibulares, comparó la intensidad del nivel de gris de cada voxel en la base craneal para registrar las 2 imágenes CT.

Comprobaron que no había diferencias estadísticamente significativas en la elección del

plano sagital para la realización de la imagen en espejo, ni tampoco es dependiente del lado (derecho o izquierdo).

En su estudio sobre 3 casos clínicos (2011) demuestran que la asimetría mandibular se puede cuantificar con una precisión con 6 grados de libertad.

- En el estudio de Da Motta y cols. (2010) realizaron superposiciones de modelos 3D pre y post cirugía siguiendo el mismo método. Concluyeron que a pesar de toda la capacitación, experiencia, apoyo técnico y tiempo requeridos, esta metodología parece tener gran validez para la aplicación clínica, científica y educativa de la ortodoncia y la cirugía.
- En el estudio de AlHadidi y cols. (2012), realizaron la cuantificación en 3D de la asimetría mandibular en pacientes previamente diagnosticados con

asimetría (presentaban al menos 2mm de desviación del mentón o el plano oclusal cantedo antes del comienzo del tratamiento ortodóncico) y que iban a ser tratados quirúrgicamente.

Llevaron a cabo la segmentación de estructuras anatómicas utilizando ITK-SNAP. Después de las segmentaciones, este programa tiene una herramienta que realiza una representación gráfica 3D del objeto volumétrico y permite la navegación entre boxes en la imagen volumétrica y la representación gráfica 3D con zoom, rotación y panoramización.

Para evaluar la asimetría entre ambas hemimandíbulas se creó una imagen en espejo.

Las dos imágenes se superpusieron con el software Imagine, de código abierto, (<http://www.ia.unc.edu/dev/download/imagine/index.htm>) en un método completamente automatizado

utilizando un registro voxel-dependiente, para evitar los fallos en la detección de puntos de referencia dependientes del observador a partir de la superposición de puntos de referencia anatómicos. Dado que existen zonas en la base craneal que cesan su crecimiento tras los 7 años de edad (Ford, 1958), sus superficies se utilizaron en el procedimiento de registro, donde el software compara la intensidad del nivel de gris de cada voxel entre dos imágenes CT.

Tras la realización de los modelos virtuales, aplicaron un programa de análisis de datos (SPHARM-PDM) que permite un correcto análisis del diagnóstico y cuantificación de las asimetrías mandibulares.

- En el estudio de Hino y cols. (2014) realizaron un estudio comparativo entre CBCT (pre y post-tratamiento, T1 y T2 respectivamente) de pacientes

tratados con máscara facial y aquellos tratados con miniplacas, ambos para la corrección de la Clase III esquelética. Tras la realización de las segmentaciones con el software ITK-SNAP, los modelos 3D virtuales inicial y final se registraron en las estructuras de la fosa craneal anterior, específicamente en las superficies endocraneales de la región de la placa cribiforme del hueso etmoidal y la superficie interna del hueso frontal. Estas regiones fueron elegidas debido a su temprana finalización de crecimiento. Se realizó un método de registro totalmente automatizado con Imagine (software de código abierto, <http://www.ia.unc.edu/dev/download/Imagine/index.htm>). Este software calculó el registro rígido (traslación y rotación) que alinea los conjuntos de datos en base al nivel de gris de T1 y T2 de forma óptima.

La visualización y evaluación de los cambios se realizaron utilizando el software de aplicación CMF (desarrollado en el Instituto ME Müller de Tecnología Quirúrgica y Biomecánica, Universidad de Berna, Berna, Suiza, bajo la financiación de la red Co-Me; <http://co-me.ch>). Las distancias de superficie tridimensionales de punto más cercano desde T1 a T2 se muestran gráficamente como mapas de color y sirvieron para cuantificar las diferencias entre las imágenes 3D superpuestas. Se utilizaron también superposiciones semitransparentes para visualizar los desplazamientos 3D del maxilar en relación con la base craneal. Este protocolo permitió evaluar los cambios ortopédicos del maxilar con respecto a la base del cráneo.

## 2.4 CEFALOMETRÍA

La cefalometría es la parte de la antropometría que trata de la medida de la cabeza. En latín, "cephalos" significa cabeza y "metria", medir.

En la historia de la cefalometría, fue Hellman en 1930 el primero en incorporar los métodos antropométricos con fines ortodóncicos. Después llegaron los estudios de diversos autores como Björk (1963) sobre crecimiento. Con el paso del tiempo, todos los ortodoncistas han ido incorporando los diferentes análisis cefalométricos a su práctica diaria.

Cuando nos preguntamos por la transcendencia de la cefalometría, es importante recordar las palabras de Steiner (1959): "¿Realmente quieres conocer lo que le haces a tus pacientes o te da miedo descubrir la verdad? ¿Si no supieses la verdad, estarías feliz con tus tratamientos? ¿Si no te gustase lo que encontraras, harías algo para remediarlo? Si la respuesta a estas

preguntas es no, entonces no necesitas un cefalostato. Si por el contrario la respuesta es sí, entonces el uso cuidadoso e inteligente de los principios cefalométricos puede ser el medio para la mejora hacia la plenitud de aquellos para los que sirves”.

En el pasado, la cefalometría frontal descrita por Grummons y Rickets (2003, 2004) ha sido una de las más utilizadas para la evaluación de las asimetrías craneofaciales sobre imágenes en 2D.

Tradicionalmente, la asimetría facial se ha diagnosticado principalmente con imágenes cefalométricas posteroanteriores (AP) y fotografías clínicas. Sin embargo, la fiabilidad de la medición cefalométrica de AP para la evaluación de la asimetría facial es limitada debido a que algunos puntos de referencia son difíciles de identificar debido a la superposición de estructuras anatómicas complejas en el cráneo. Estas técnicas están bien



## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

establecidas en la literatura y tienen en común la identificación manual de puntos de referencia sobre la cara, que se juntan en una fórmula para obtener un valor de asimetría facial (Trpkova y cols., 2003).

Recientemente se han publicado comparaciones que utilizan diferencias o índices bilaterales (Katsumata y cols., 2005) y el uso de imágenes en espejo (Damstra y cols., 2011). Ambos métodos se basan de forma crítica en los planos que se utilizarán en la evaluación de la asimetría. El plano sagital medio óseo con puntos de referencia esqueléticos es el que se viene usando hasta el momento, lo que puede producir errores a la hora de establecer objetivos de tratamiento a nivel de los tejidos blandos.

Ludlow y cols. (2009) evaluaron la precisión en la identificación de puntos de referencia entre CBCTs y telerradiografías laterales convencionales.

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

Las telerradiografías obtenidas a partir de CBCTs permiten eliminar los problemas asociados con las telerradiografías en 2D convencionales (errores en la posición de la cabeza del paciente, diferencias de magnificación de las estructuras bilaterales y superposición de las mismas).

Estos investigadores observaron que la localización de los puntos de referencia era más precisa en las vistas MPR de los CBCTs que en las radiografías convencionales, incluso cuando se usaron las definiciones tradicionales en 2D de los puntos de referencia. En el caso de los puntos en 3D, necesitamos establecer una correcta localización de los mismos en los tres planos del espacio.

En el estudio de Park y cols. (2012) ponen especial atención en la orientación de la cabeza. Las imágenes se deben reorientar en posición natural de la cabeza para no enmascarar o acentuar las asimetrías. Utilizan un plano

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

de referencia que es una tangente con máximo contacto a los suelos de las órbitas (donde denominan al punto de contacto de cada lado Orbital en 3D o Or-3Ds).

El propósito de su estudio es comparar si hay diferencias en la localización de varios puntos de referencia bilaterales (Z, Or-3D, FM y AG) entre pacientes con oclusión normal y pacientes con Clase III y asimetría. Concluyeron que no había diferencias estadísticamente significativas en la localización de los puntos en el tercio medio facial y que las líneas de referencia transversal constituidas por los puntos Z o los puntos Or-3D pueden usarse tanto en pacientes con normo oclusión como en aquellos con grandes asimetrías.

Por otro lado, en el estudio de Porto y cols. (2014) determinaron la simetría facial de 47 pacientes con Clase I esquelética mediante la identificación visual de fotografías por 3 operadores. Después realizaron CBCTs

## **Asimetrías en mandíbulas segmentadas Revisión de la literatura**

a estos pacientes para poder localizar 17 puntos de referencia cefalométricos y 5 planos:

- Plano de Frankfurt (plano de unión entre Porion bilateral y Orbitale izquierdo).
- Plano coronal (unión de Porion bilateral y perpendicular al plano de Frankfurt).
- Plano sagital medio (plano de unión entre ENA y ENP y perpendicular al plano de Frankfurt).
- Plano maxilar horizontal (plano de unión entre ENA y ENP y perpendicular el plano sagital medio).
- Plano mandibular línea que conecta Gonion derecho e izquierdo a Gnation).

Concluyen que se pueden utilizar las medidas cefalométricas estándar como referencia en el análisis en 3D para establecer la simetría facial.

### **3- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.**



### **3.1 HIPÓTESIS**

#### **3.1.1 Hipótesis nula**

La presencia de asimetrías en la mandíbula no difiere entre los pacientes según su clase esquelética o patrón facial.

#### **3.1.2 Hipótesis de trabajo**

La presencia de asimetría mandibular se relaciona con la clase esquelética o patrón facial del paciente.

### **3.2 OBJETIVOS**

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

1. Valorar si existe relación entre la clase esquelética del paciente y la incidencia de asimetrías mandibulares.
2. Determinar si existe relación entre el patrón facial del paciente y la incidencia de asimetrías mandibulares.
3. Evaluar si la presencia de asimetrías mandibulares depende de la región anatómica que se analice dividiendo ésta en cóndilo, rama y cuerpo mandibular.
4. Analizar si existe un predominio de asimetría dependiendo del eje x, y o z, que estemos analizando.



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS.



Se llevó a cabo un estudio clínico retrospectivo, comparativo en la Unidad Docente de Ortodoncia del Departamento de Estomatología de la Universitat de València.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universitat de València con el número de expediente *H1488134666059*, respetando los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, tal y como apreciamos en el **Anexo 1** donde se adjunta el informe (en español y en inglés).

Todos los pacientes fueron informados por escrito de los objetivos y de la metodología del estudio (**Anexo 2**), se les solicitó que firmaran un Consentimiento Informado (**Anexo 3**) y por último, se les facilitó un Compromiso de Confidencialidad de sus datos por parte del observador principal (**Anexo 4**).

Se adjunta también en el **Anexo 5**, la carta de aprobación para la realización de la estancia internacional por parte del Comité correspondiente y el informe favorable de la Comisión para la obtención de dicha Mención Internacional.

## 4.1 MUESTRA

Para la realización de este estudio se utilizó una muestra constituida por 132 pacientes que acudieron al Máster de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València durante los años 2015 a 2018 a recibir tratamiento de ortodoncia.

Se realizó un estudio previo del tamaño muestral necesario para detectar diferencias de cierta magnitud entre los 3 grupos definidos por la clase.

La unidad de análisis era el paciente. El análisis estadístico contemplaría la aplicación de un modelo lineal general tipo ANOVA para comparar la distancia absoluta media por entre hemiarcadas superpuestas.

*Esta distancia media será el promedio de las distancias absolutas obtenidas a partir de todos los puntos de cada imagen.*

Se pretende detectar como significativo un tamaño de efecto grande ( $f=0,4$ ). Esto es compatible con valores medios de distancia de 0,85, 1,0 y 1,15mm para una desviación estándar de 0,33mm (estimada a partir de la primera fase del estudio que incluía  $n=15$  pacientes).

Obsérvese que las diferencias en los valores medios se cifraron entre un 15-35% aproximadamente, lo que es suficiente para considerarse relevante desde un punto de vista general. Esas diferencias, relativas a la desviación encontrada, representan un tamaño de efecto grande ( $f=0,4$ ).

Se determinó que un mínimo de 60 pacientes (20 por grupo) son necesarios para detectar como significativo un tamaño de efecto grande ( $f=0,4$ ) a través del modelo ANOVA con una potencia estadística del 80% y para un nivel de confianza del 95%.

Los criterios de inclusión para este estudio fueron:

1. Poseer un Cone Beam Computer Tomography (CBCT) realizado con el escáner Dental Picasso Máster 3D® (EWOO Technology, República de Corea, 2005).
2. CBCT de calidad máxima.
3. CBCT de cráneo completo con un campo de visión (FOV) que incluyera Basion, Porion, Glabella y el Menton.
4. Pacientes mayores de 15 años de edad.
5. Presencia de dentición permanente desde el primer molar de un lado al lado contrario en la

arcada inferior.

6. Pacientes de raza caucásica.
7. Ausencia de tratamiento ortodóncico previo.

Mientras que los criterios de exclusión fueron:

1. Pacientes con presencia de dientes supernumerarios ó agenesias, sin contar terceros molares.
2. Pacientes con malformaciones craneofaciales o presencia de síndromes que se pudieran asociar a una mayor prevalencia de anomalías dentarias o esqueléticas.
3. Pacientes con antecedentes de traumatismo craneofacial y/o dentario.
4. Presencia de quistes, odontomas u otros dientes impactados (exceptuando terceros molares).
5. Presencia de caries avanzadas ó múltiples.

Tras la aplicación de los criterios anteriores se obtuvo una muestra final constituida por 60 pacientes.

La distribución por sexo fue de 34 (56,7%) mujeres y 26 (43,3%) hombres, con una edad media de  $32,7 \pm 11,6$  años, con un rango entre 15,4 y 60,6 y una mediana de 33,5 años.



## **4.2 MÉTODO**

### **4.2.1 VARIABLES**

Se utilizaron las siguientes variables para el estudio de la muestra:

#### **4.2.1.1 Variables sociológicas**

##### **4.2.1.1.a Edad Dental**

Se determinó la edad cronológica en años en el momento de la toma del CBCT de cada paciente.

##### **4.2.1.1.b Sexo**

La distribución en el grupo control fue de 26 hombres y 34 mujeres.

##### **4.2.1.1.c Raza**

Todos los pacientes eran de raza caucásica tal y como se determinó en los criterios inclusión.

#### **4.2.1.2 Variables biométricas**

Se determinó la maloclusión esquelética sagital y el patrón facial del paciente, explicado con detalle en el apartado de medidas cefalométricas.

### **4.2.2 MEDIDAS CEFALOMÉTRICAS**

#### **Error intra e interobservador**

La totalidad de los valores cefalométricos fueron medidos por una observadora principal (P.E). La observadora principal desarrolló el proceso de medición para el total de 60 pacientes.

Transcurrido 1 mes desde las primeras sesiones de medición, repitió el proceso completo sobre una submuestra aleatoria de 15 pacientes (25% del total), estratificada según clase esquelética (n=5/5/5) con el objeto de evaluar el error intra-observador.

Al mismo tiempo, una segunda observadora (B.T) realizó también sus propias medidas para estimar el error inter-

observador.

El estudio del error se realizó a nivel de paciente (ya que sucesivas parametrizaciones no permiten conectar y comparar puntos individuales de diferentes sesiones de medición). La distancia media con signo a nivel de paciente será la variable primaria sobre la que desarrollar el análisis.

Se estimó el coeficiente de correlación intra-clase CCI (o ICC, en inglés), medida paramétrica basada en la descomposición de la variabilidad de la tabla ANOVA y representativa de la concordancia entre dos series de mediciones.

Los resultados obtenidos se presentan en el apartado de Resultados.

Todos los CBCT se habían tomado con el aparato Dental Picasso Máster 3D® (EW00 Technology, República de Corea, 2005) con las siguientes características técnicas:

- Field of view (FOV) estándar: 20 x 15 cm (14 bits),

necesario para incluir Porion, Basion, Glabella y Menton.

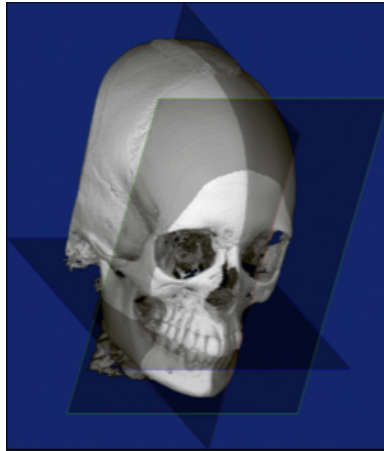
- Tiempo escaneado: 15-24 segundos.
- Genera entre 496-592 cortes
- Tamaño vóxel: 0,2mm

Las investigadoras revisaron las imágenes en un monitor (iMac 21,5 pulgadas, 2015 OS X El Capitán versión 10.11.3) en condiciones estándar de luz y sonido ambiental. Para ello, se utilizó el programa informático Dolphin 11.5 betabuild 15 (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, Calif.), el cual permitió tener capacidad completa para evaluar los volúmenes y manipular el contraste y el histograma de los CBCT. Las imágenes fueron reconstruidas con la resolución del vóxel isotrópico en los tres planos

ortogonales, que se muestra en el modo multi-reforma (3D MPR). Dos líneas perpendiculares entre sí se utilizaron para orientar al examinador y estandarizar las mediciones. Se colocó al paciente en posición natural de la cabeza mediante coordenadas en los tres planos del espacio siguiendo los planos de referencia que se explican a continuación.

Se establecieron tres planos de referencia para asegurar que los cortes en 2-dimensiones estaban adecuadamente orientados de la misma forma que Miner y cols. en su estudio de 2012, Figura 4.1:

1. Plano axial: definido como el plano oclusal.
2. Plano coronal: perpendicular al plano axial, a la altura de la cúspide mesiovestibular de los primeros molares superiores.
3. Plano sagital: perpendicular a ambos planos, cruzando por el punto medio entre los bordes mediales de las órbitas.



***Figura 4.1. Planos de referencia***

Los valores que se midieron fueron la maloclusión esquelética sagital y vertical.

#### **4.2.2.1 Determinación de la maloclusión esquelética sagital**

Wits: mide la severidad de la desarmonía maxilo-mandibular a nivel anteroposterior. Se trazan dos perpendiculares desde los puntos A y B respectivamente al plano oclusal de Ricketts y se mide la distancia entre ellos.

- Clase I: 0mm
- Clase II: Mayor o igual a 1mm
- Clase III: Menor o igual a -1mm

#### **4.2.2.2 Determinación de la maloclusión esquelética vertical**

FMA: ángulo formado por el plano mandibular de Steiner (Go-Gn) y el plano de Frankfurt (Po-Or). Define la

dirección de crecimiento facial a nivel vertical y horizontal.

- Norma:  $22^{\circ}$  -  $28^{\circ}$
- Crecimiento vertical:  $> 28^{\circ}$
- Crecimiento horizontal:  $< 22^{\circ}$

De toda la muestra de pacientes encontramos:

- Según la maloclusión esquelética sagital:
  - Clase I: 20 pacientes (33,3%)
  - Clase II: 20 pacientes (33,3%)
  - Clase III: 20 pacientes (33,3%)
  
- Según la maloclusión esquelética vertical:
  - Crecimiento normal: 17 pacientes (28,3%)
  - Crecimiento horizontal: 26 pacientes (43,3%)
  - Crecimiento vertical: 17 pacientes (28,3%)



### 4.2.3 SEGMENTACIÓN

La segmentación de una imagen se refiere al proceso de delinear la forma de las estructuras visibles en las secciones transversales de un conjunto de datos volumétricos, construyendo un modelo virtual en 3D.

En este caso, la segmentación sirvió para dos propósitos:

- 1) Definir las regiones anatómicas de interés para el software a observar al realizar el registro de vóxel correspondientes.
- 2) Construir modelos de superficie 3D para mediciones cuantitativas y evaluaciones cualitativas de superposición.

Para llevar a cabo la segmentación de las mandíbulas de los pacientes y poder realizar las medidas volumétricas hemos utilizado un método similar al que se desarrolla en varios artículos existentes en la literatura (Cevitanes y cols. (2009, 2011), Da Motta y cols. (2010), AlHadidi y cols. (2012), Hino y cols. (2014), Ruellas y cols. (2016)).

La Escuela de Odontología de la Universidad de Michigan tiene un laboratorio de investigación a cargo de la Dra Cevidanes, que presenta tutoriales para el estudio y aprendizaje de los programas de código abierto ITK-SNAP y 3D Slicer con los que hemos llevado a cabo nuestro trabajo de segmentación y análisis de modelos.

#### **4.2.3.1 Construcción de los modelos en 3D**

La segmentación de las estructuras anatómicas se realizó con el programa ITK-SNAP (software de código abierto, <http://www.itksnap.org>).

Los archivos DICOM originales se convirtieron en archivos re-identificados como ".nrrd".

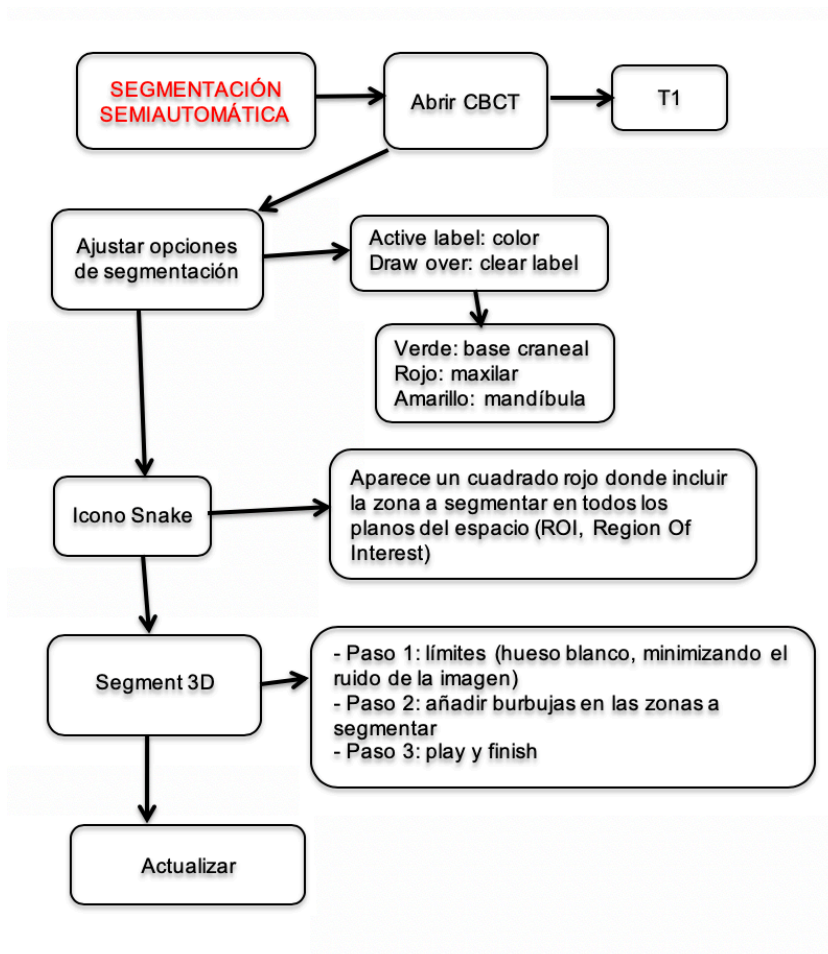
Los procedimientos de segmentación automática en ITK-SNAP usan métodos de contorno activos para calcular imágenes de características basadas en las intensidades y límites de los niveles de gris de las imágenes de CBCT

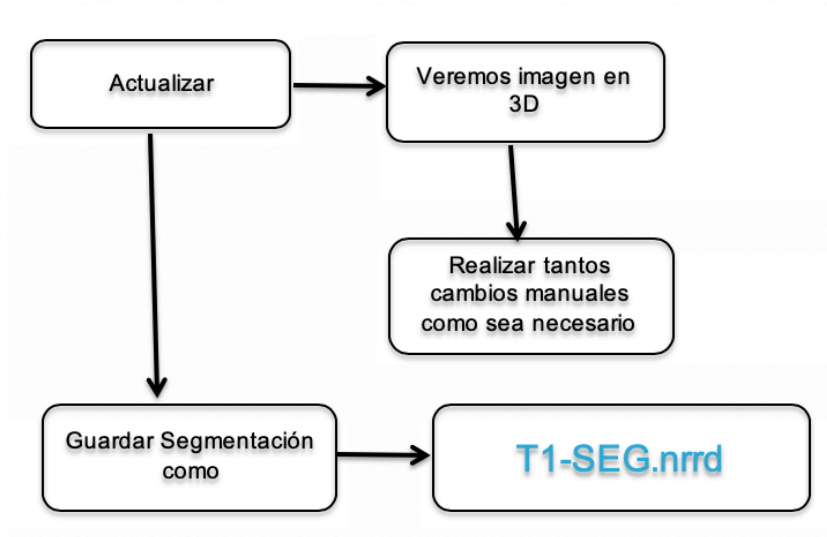
(Yushkevich y cols., 2006). El umbral se ajustó escáner a escáner, ya que ITK-SNAP permite el ajuste de los parámetros para la detección automática de las intensidades y los límites de gris, además de la edición interactiva de los contornos por parte del usuario.

Se utilizaron algoritmos de búsqueda de bordes para la detección de los límites, de modo que no se requirieron umbrales arbitrarios de intensidad de vóxel para la segmentación.

Los contornos corticales de las regiones de interés visibles en las secciones frontal, sagital y transversal se delinearon usando un procedimiento de segmentación semiautomático. Así, después de seleccionar la región de interés, el programa segmentó automáticamente el tejido óseo. El observador fue capaz de comprobar corte por corte la efectividad de la segmentación automática y realizar la edición manual en los tres planos del espacio cuando era necesario.

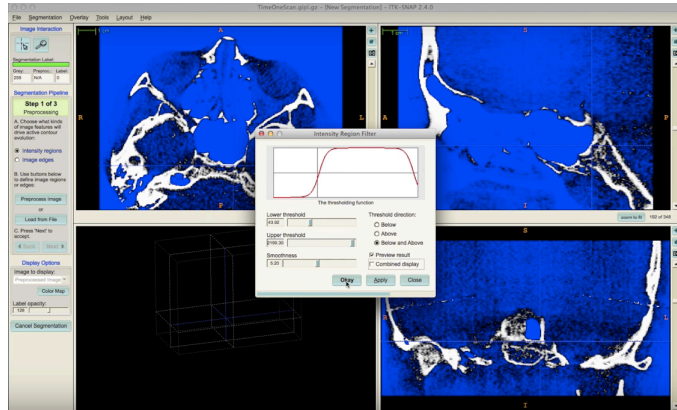
Para realizar la segmentación semiautomática seguimos las fases que se detallan en el esquema 4.1:



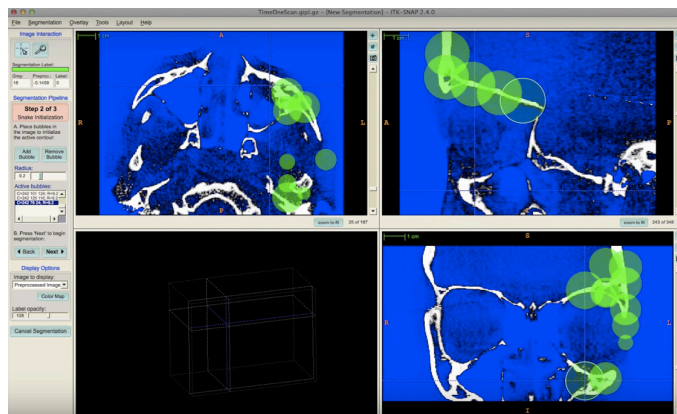


***Esquema 4.1. Pasos para la realización de la segmentación semiautomática***

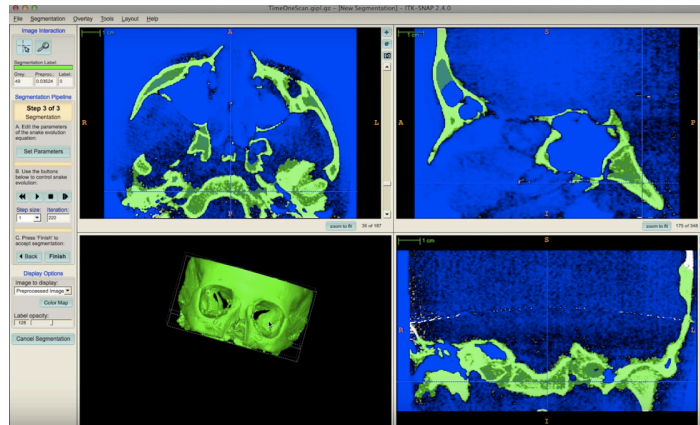
Se presentan las siguientes figuras (4.2, 4.3 y 4.4) para la visualización de los pasos realizados y explicados en el esquema anterior.



**Figura 4.2. Paso 1: ajuste de límites**



**Figura 4.3. Paso 2: añadir burbujas en la zona a segmentar**



**Figura 4.4. Paso 3: obtención de la segmentación en 3D**

#### 4.2.3.2 Construcción de las imágenes en espejo

Se construyeron modelos virtuales en 3D para cada paciente a partir de un conjunto de aproximadamente 592 capas o secciones transversales axiales para cada imagen, con una resolución isotrópica de 0,5mmx0,5mmx 0,5mm para cada vóxel. Se utilizó esta resolución porque una mayor resolución espacial con un grosor de corte más

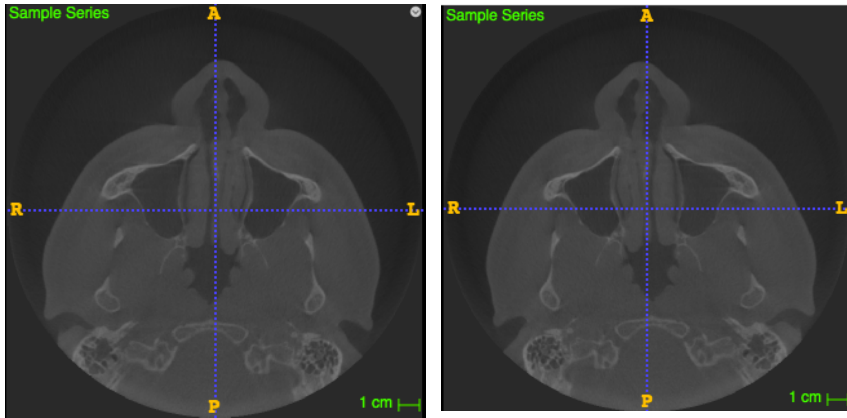
pequeño habría aumentado en gran medida el tamaño de archivo de imagen, requiriendo mayor potencia computacional y mayor tiempo de trabajo del usuario.

A partir de estos modelos, con el mismo software ITK-SNAP se realizó una imagen en espejo de cada uno de ellos.

Para ello, cada modelo fue reflejado en un plano sagital arbitrario utilizando la herramienta "Reorient image".

La imagen en espejo se realiza mediante la conversión arbitraria de la orientación de la imagen desde (Derecha-Izquierda, Antero-Posterior e Infero-Superior) a (Izquierda-Derecha, Antero-Posterior e Infero-Superior). De esta forma se obtienen dos imágenes denominadas RAI (correspondiente al CBCT original o T1) y LAI (imagen en espejo o T2) de cada paciente (Figuras 4.5, 4.6 y 4.7).

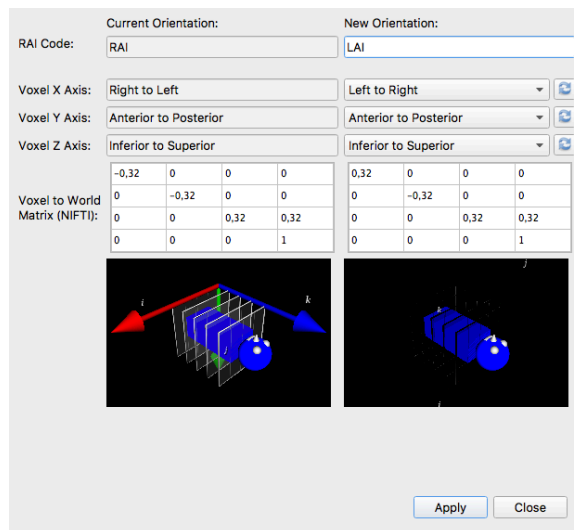




RAI

LAI

**Figuras 4.5 y 4.6. Imagen original y en espejo**



**Figura 4.7. Muestra opciones de orientación de imágenes**

Las imágenes originales y arbitrariamente reflejadas fueron registradas sobre la base craneal.

#### 4.2.3.3 Registro sobre la base craneal

El registro se realizó usando el software 3DSlicer ([www.slicer.org](http://www.slicer.org)) Es un software de descarga gratuita encontrado en la página web de The National Institutes of Health, página que provee a los observadores múltiples softwares de procesamiento de imágenes.

Este programa permite la utilización de diferentes tipos de archivos:

- Escáneres: (.gihp), (.gz), (.nrrd), (.dcm)
- Segmentaciones: "Labelmap" (.gipl), (.gz), (.nrrd)
- Modelos: (.vtk), (.stl)

En nuestro estudio, todos los archivos utilizados fueron guardados con la extensión (.nrrd).

Los métodos de registro vóxel-based (VSB) optimizan una medición funcional de la semejanza de todos los pares de vóxeles que corresponden geoméricamente a alguna característica. La principal ventaja este método es que el cálculo de la característica es directo o incluso ausente cuando se utilizan sólo valores de gris, de tal manera que la precisión de estos métodos no está limitada por errores de segmentación como en los métodos basados en superficie (Maes y cols., 1997).

Se realizó el registro basado en vóxeles correspondientes (vóxel-based registration) sobre la base craneal para eliminar los errores de pitch, roll y yaw (movimientos de la mandíbula vistos desde el plano frontal iguales a los que haría la cabeza al decir sí, tal vez y no, respectivamente). Esto resulta importante porque nos permite evaluar la simetría mandibular con respecto al resto del complejo craneofacial. Es decir, permite diferenciar la asimetría mandibular verdadera de aquella derivada de las

diferencias en la posición de la fosa glenoidea de cada lado.

Este método utiliza la maximización de la información para evitar los problemas asociados con las técnicas dependientes del observador.

El registro utiliza el mejor ajuste anatómico de las estructuras de la base craneal anterior que han completado el crecimiento a los 7 años (Ford, 1958):

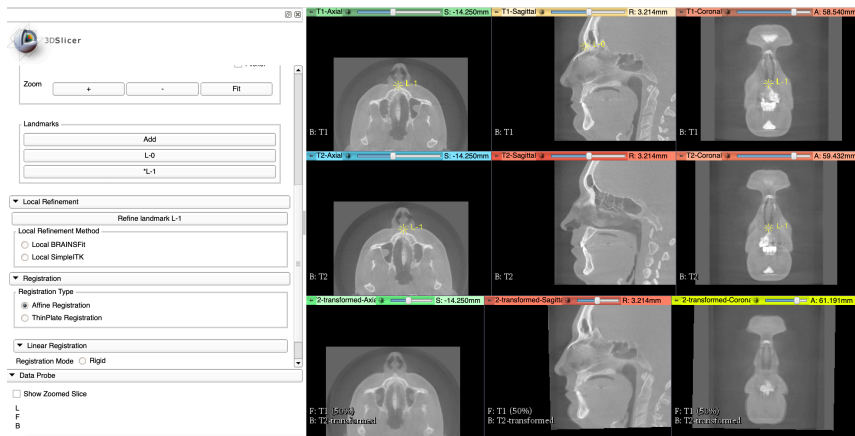
- Pared anterior de Sella
- Procesos clinoides anteriores
- Cuerpo esfenoidal
- Alas menores del esfenoides
- Aspecto superior del etmoides y placa cribiforme
- Crestas corticales en las superficies medial y superior de los tejados orbitales
- Capa cortical interna de los huesos frontales

Al tratarse de un registro lineal, es suficiente con la

superposición de tres puntos en ambos CBCT. Denominaremos T1 al CBCT original y T2 al CBCT creado con la imagen en espejo.

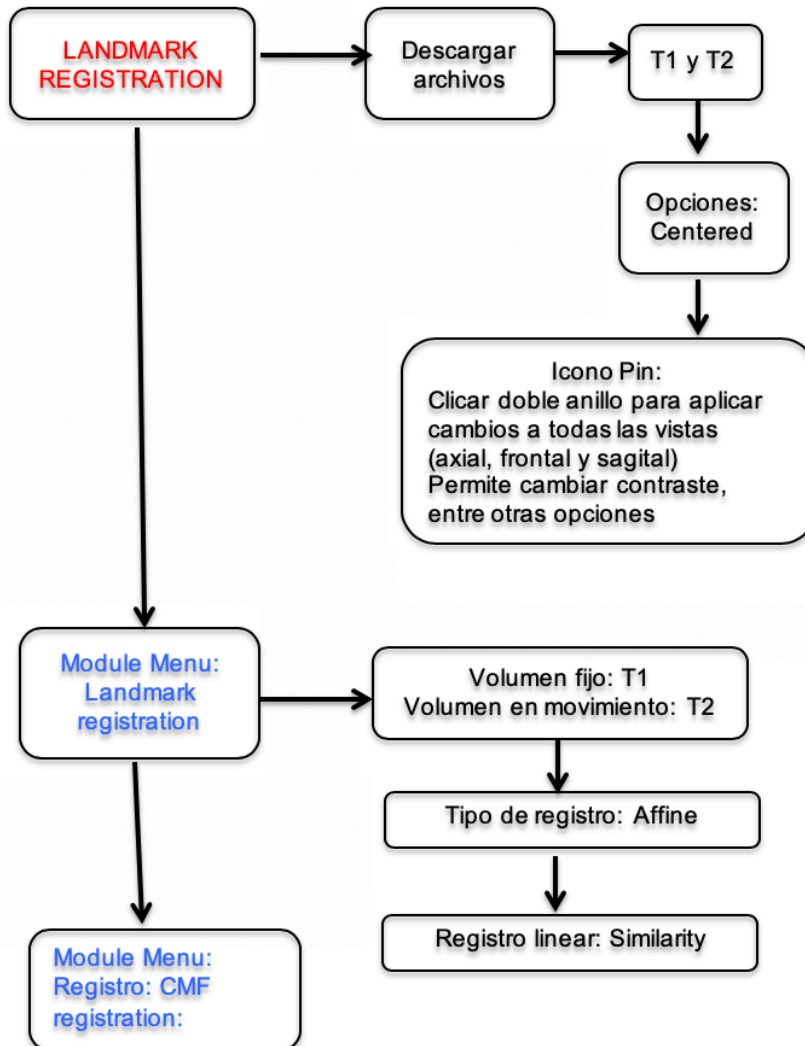
Como paso previo al registro sobre la base craneal, es necesario la localización de dichos puntos de referencia y la superposición de éstos, para la reorientación de ambos CBCT. Para ello, se utiliza la herramienta denominada “Landmark registration” que permite localizar los puntos deseados y crea una matriz que realiza la superposición automáticamente. Obtendremos un nuevo archivo con el CBCT denominado T2 orientado adecuadamente con respecto a T1, utilizando los puntos de referencia Nasion, Espina Nasal Anterior (ENA) y Basion, localizados en los tres planos del espacio.

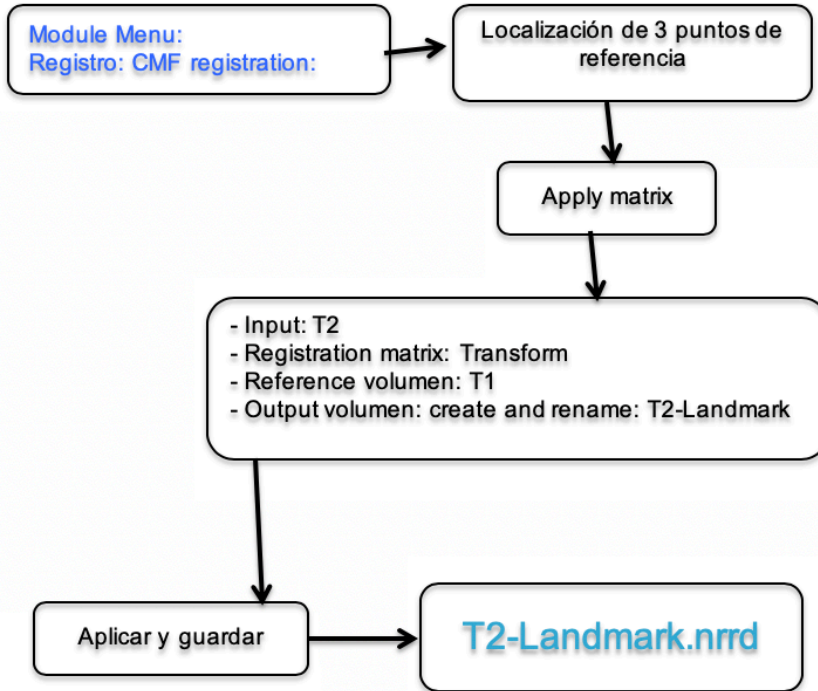
La siguiente imagen (Figura 4.8) muestra la localización del segundo punto de referencia y como en imagen T2-transformed se van superponiendo ambos CBCT sobre la base craneal.



**Figura 4.8. Proceso de localización de los puntos de referencia**

El siguiente esquema (esquema 4.2) muestra las fases en detalle.





***Esquema 4.2. Localización de puntos de referencia (previo al registro de las imágenes sobre la base craneal).***

Una vez tenemos el archivo con la imagen en espejo correctamente orientada con respecto a los puntos elegidos sobre la base craneal (T2-Landmark.nrrd), lo

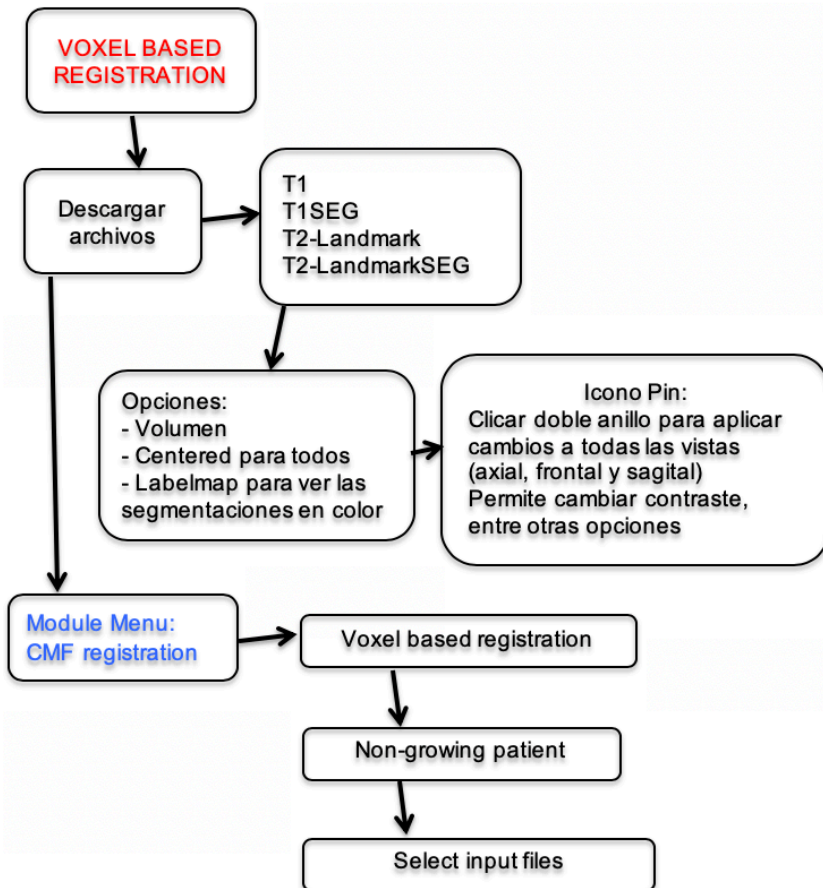


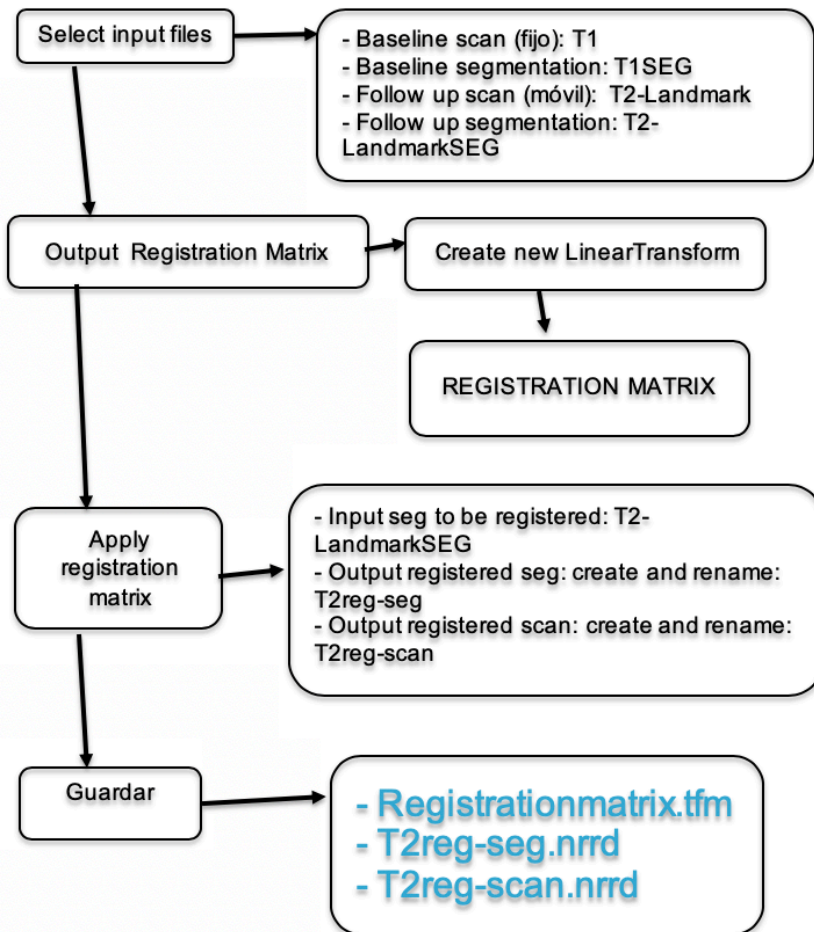
guardamos, pues lo utilizaremos posteriormente para la realización del registro sobre la base craneal.

Para el registro, se necesitan cuatro archivos diferentes:

- CBCT original (T1.nrrd)
- Segmentación del archivo original (T1SEG.nrrd)
- Archivo con la imagen en espejo orientada con respecto a T1 usando los puntos de referencia elegidos (T2-Landmark.nrrd)
- Segmentación de la imagen en espejo que ha sido orientada (T2-LandmarkSEG.nrrd). Esta segmentación se realiza con el software ITK-SNAP, siguiendo el mismo proceso que para la segmentación de T1.

3D-Slicer permite realizar el registro sobre la base craneal de CBCT de pacientes con o sin crecimiento. En nuestro caso se trata de pacientes sin crecimiento. El esquema 4.3 muestra los pasos detallados para la realización del registro de las imágenes sobre la base craneal.





**Esquema 4.3: registro sobre la base craneal**

#### 4.2.3.4. Creación de modelos de superficie

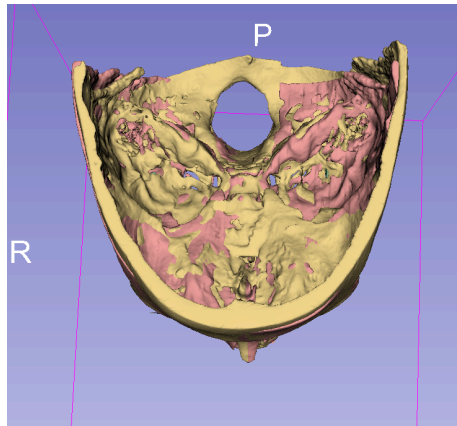
Utilizando el programa 3D Slicer se crearon los modelos de superficie, para posteriormente poder realizar la cuantificación cuantitativa y cualitativa de las asimetrías.

Los modelos de superficie nos permiten realizar la superposición de dos CBCT tomados en diferentes momentos, o como en nuestro caso, entre el CBCT original y la imagen en espejo que hemos creado.

Dichas superposiciones permiten cuantificar los cambios debidos al crecimiento o al tratamiento recibido por el paciente. También nos proporcionan la capacidad de evaluar las asimetrías, pues podemos evaluar las diferencias de tamaño entre ambos lados.

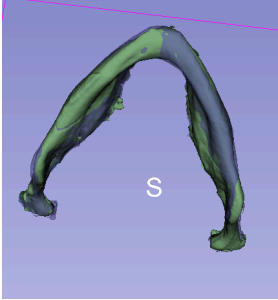
Obtendremos ambos modelos superpuestos (figura 4.9) sobre el registro sobre la base craneal que hemos realizado en pasos anteriores, lo que permite evaluar la asimetría mandibular con respecto a la base craneal, es

decir, con independencia de la posición mandibular y sí con respecto a la cara.

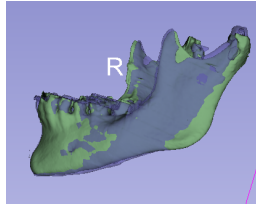


***Figura 4.9. Imagen de los modelos de la base craneal superpuestos. En amarillo, la base craneal del CBCT original y en rosa, la base craneal de la imagen en espejo.***

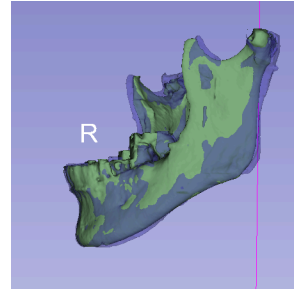
A partir de estos modelos ya superpuestos adecuadamente sobre la base craneal, podemos separar el correspondiente a la mandíbula, como se muestra en las figuras 4.10 A, B,C y D.



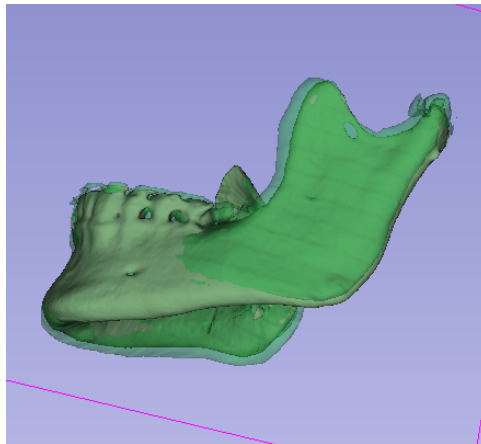
4.10A



4.10B



4.10C



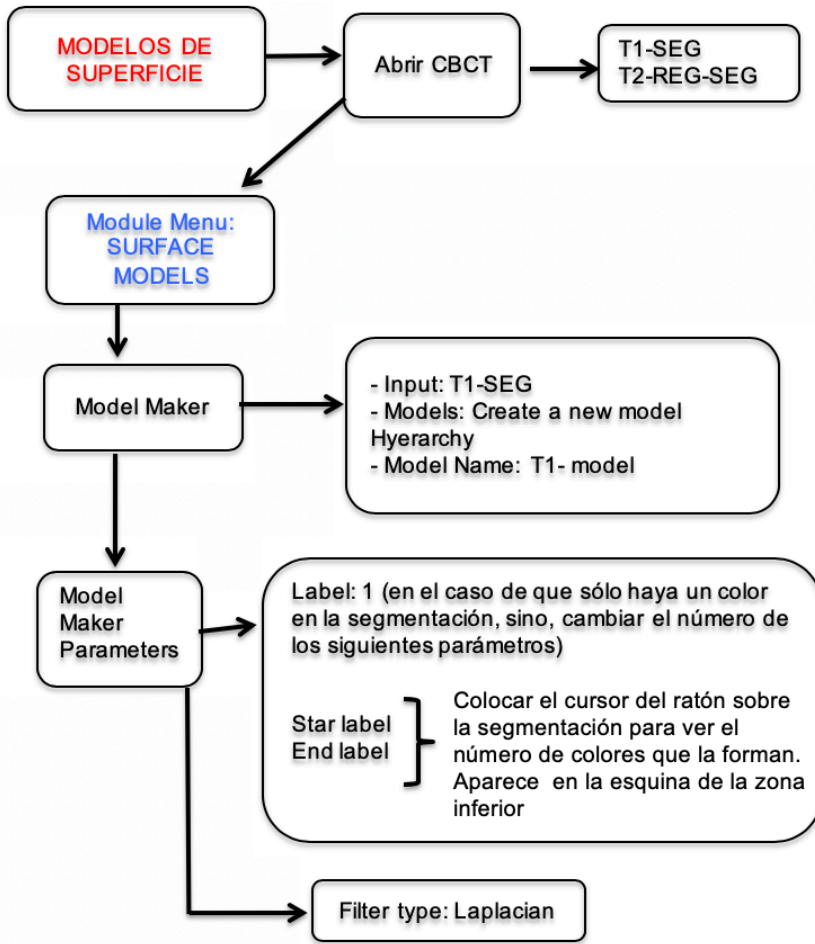
4.10D

**Figuras 4.10-A, B, C y D. *Imágenes de modelos de superficie de mandíbulas superpuestas.***

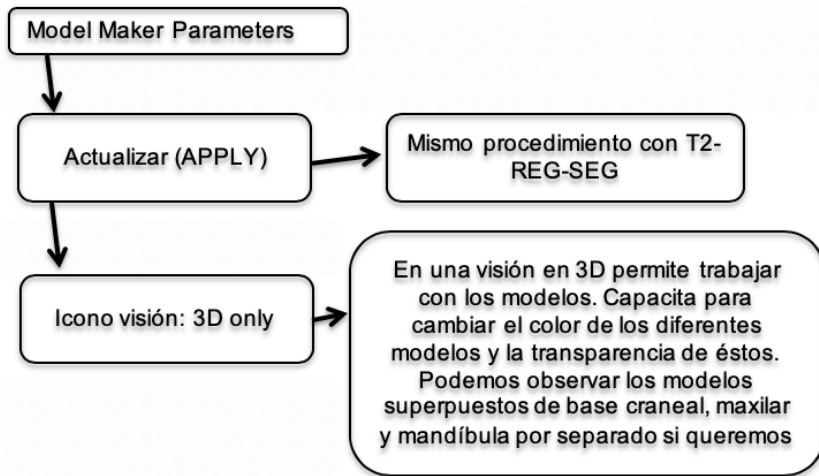
El programa nos permite cambiar el color de los modelos, aumentar o disminuir la transparencia para poder visualizarlos mejor y también ver el modelo de la mandíbula junto a la base del cráneo o por separado.

Para la construcción de los modelos de superficie se siguieron los siguientes pasos mostrados en el esquema

4.4:

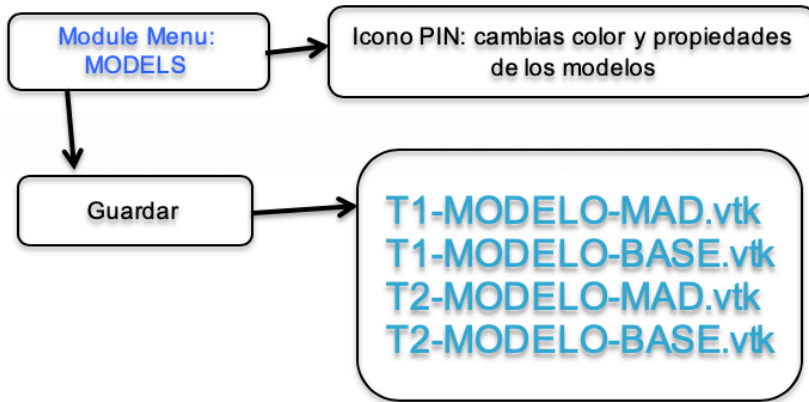




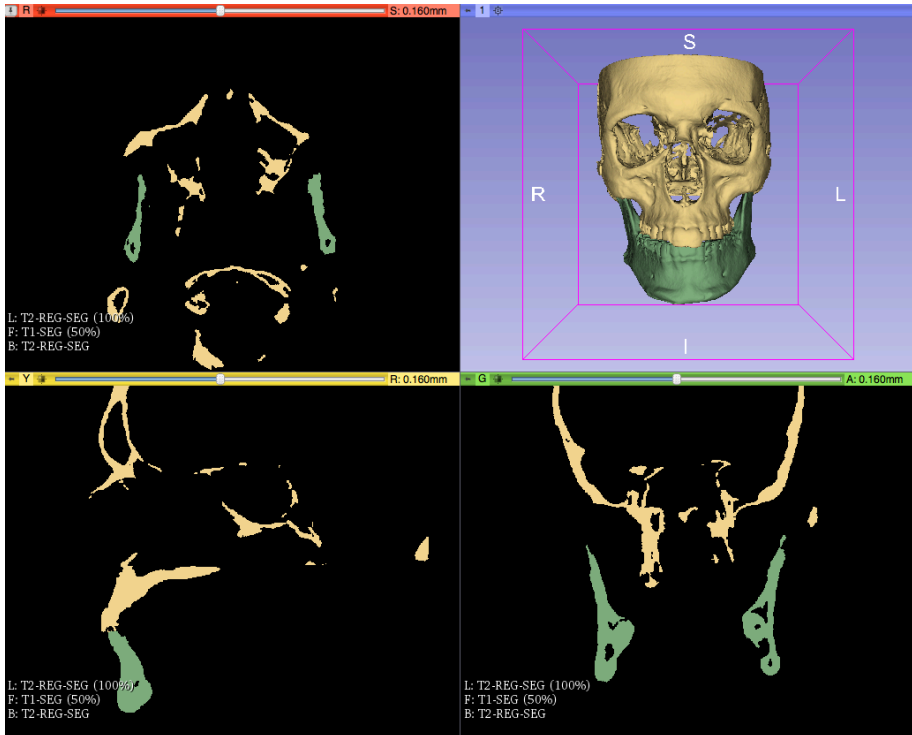


***Esquema 4.4: construcción de los modelos de superficie***

El esquema 4.5 nos indica como guardar los modelos creados y los pasos a seguir para poder cambiar la visualización de los mismos, con respecto a color, transparencia,...



**Esquema 4.5:** visualización de los modelos de superficie



**Figura 4.11.** Visualización del modelo en 3D (en amarillo la base craneal y el maxilar superior, y en verde, la mandíbula) y en los tres planos del espacio, posicionado correctamente sobre el registro de la base craneal.

#### 4.2.3.5. Obtención de las hemimandíbulas

Una vez creados los modelos de superficie y como paso previo a la cuantificación de las posibles asimetrías, se deben crear las hemimandíbulas. Definimos una asimetría como la diferencia encontrada entre una hemimandíbula y la imagen en espejo del lado contralateral.

Como observaron en el estudio de AlHadidi y cols. (2012) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se cuantifican las asimetrías en el lado derecho o izquierdo del paciente, lo que demuestra la consistencia del método.

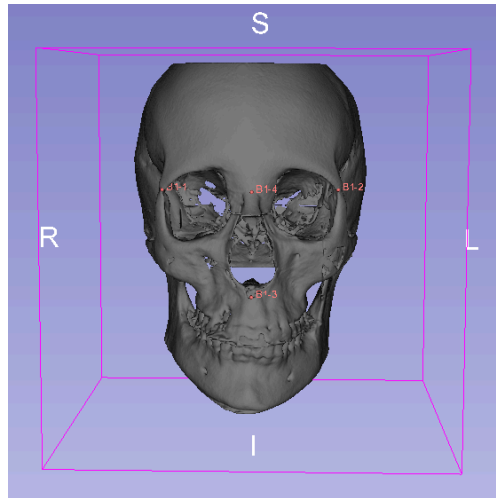
Para simplificar el proceso, se realizaron las medidas con la hemimandíbula derecha y su contralateral, también en la derecha en la imagen en espejo.

Para poder cortar la mandíbula se localizó el plano medio sagital mediante la herramienta Q3DC, que permite la localización de puntos de referencia o “landmarks” (figuras

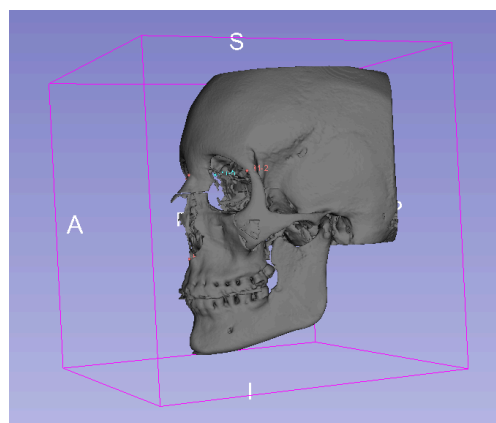
4.12 y 4.13).

El plano medio sagital se definió como aquel que pasa por Espina Nasal Anterior, Nasion y el punto medio entre los puntos más internos de la sutura frontocigomática, en el margen externo de los rebordes orbitarios derecho e izquierdo (puntos utilizados en la cefalometría frontal de Ricketts y Grummons (2003) por ser estables y fácilmente identificables en el modelo. El punto medio se calcula automáticamente si lo deseas.

- Punto más interno de la sutura frontocigomática, en el margen externo del reborde orbitario derecho (B1-1)
- Punto más interno de la sutura frontocigomática, en el margen externo del reborde orbitario izquierdo (B1-2)
- Espina Nasal Anterior (B1-3)
- Nasion (B1-4)
- Punto medio de B1-1 y B1-2 (B1-5)



**Figura 4.12. Representación frontal de la localización de los puntos de referencia**

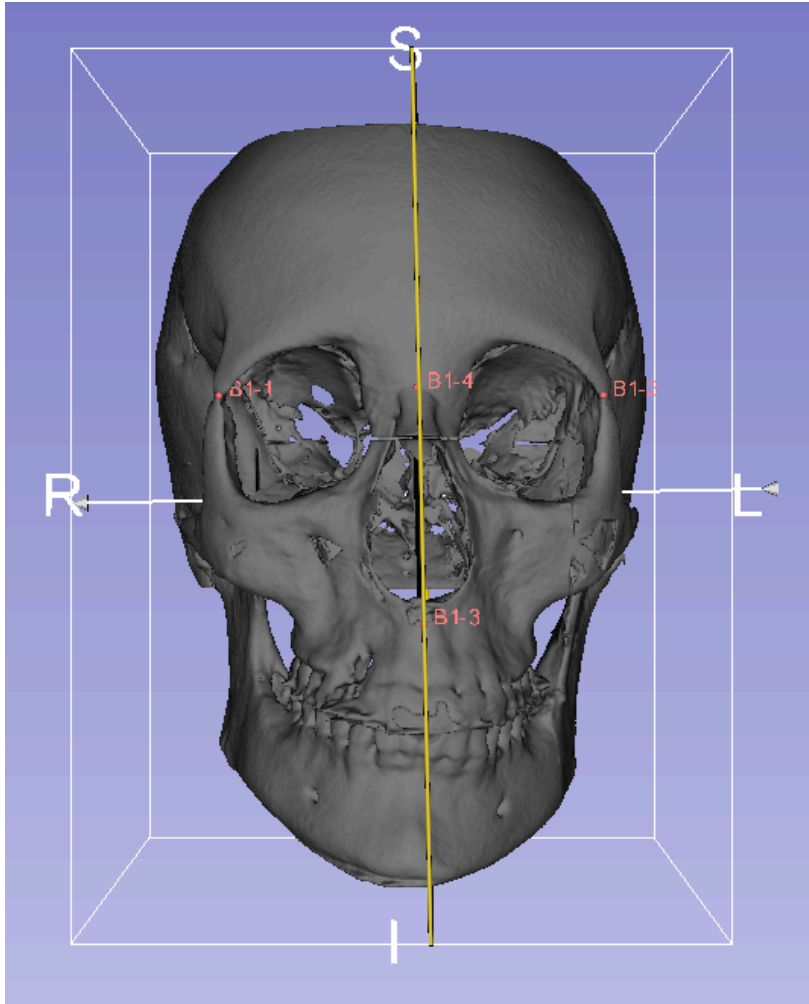


**Figura 4.13. Representación lateral de la localización de los puntos de referencia con las herramientas del software**

Los modelos se pueden mover en todos los planos del espacio para asegurarnos de la correcta localización de los puntos de referencia.

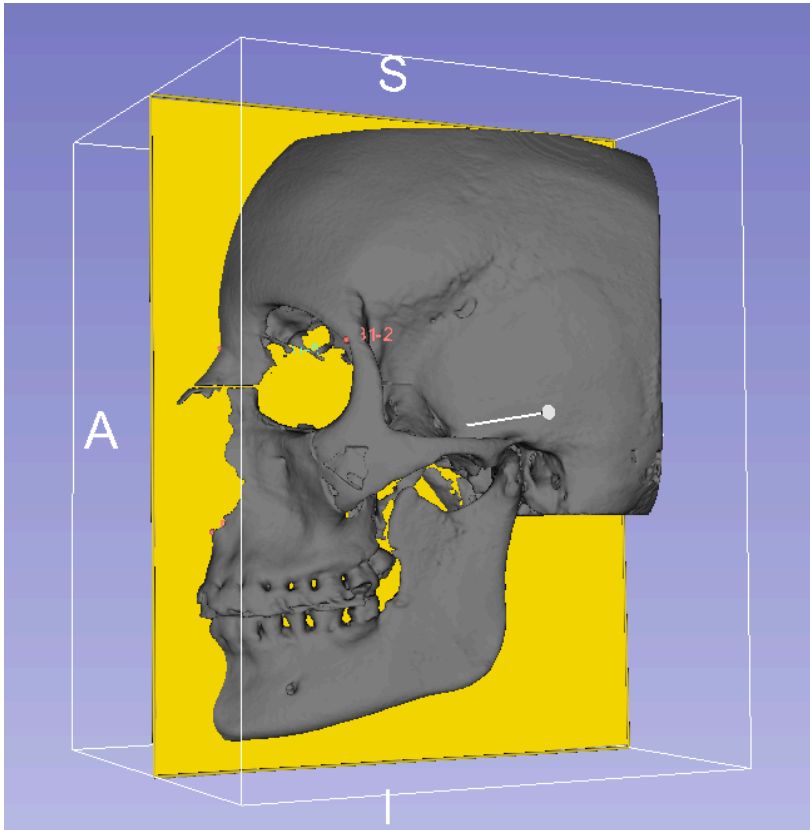
Con la herramienta Angle Planes creamos el plano que une ENA (B1-3), NASION (B1-4) y el punto medio orbital (B1-5), denomina plano medio sagital (figuras 4.14 y 4.15).

Todos los planos que se localizan en el plano sagital aparecen en color amarillo con esta herramienta.



**Figura 4.14.** Vista frontal del plano medio creado con la herramienta *Angle Plane* y los puntos *ENA*, *Nasion* y punto medio orbital

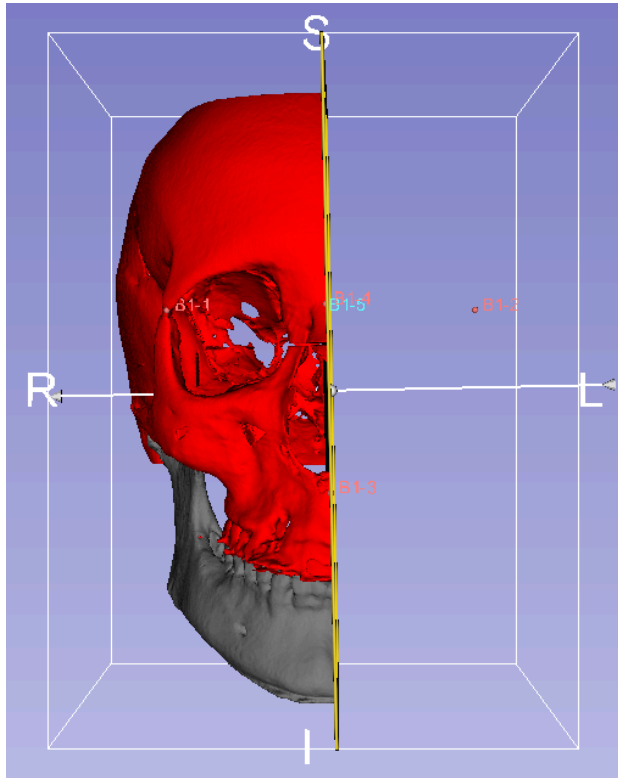




***Figura 4.15. Vista lateral del plano medio creado con la herramienta Angle Plane y los puntos ENA, Nasion Y punto medio orbital***

Con la herramienta Easy Clip realizamos el corte en el plano medio sagital, obteniendo la hemimandíbula

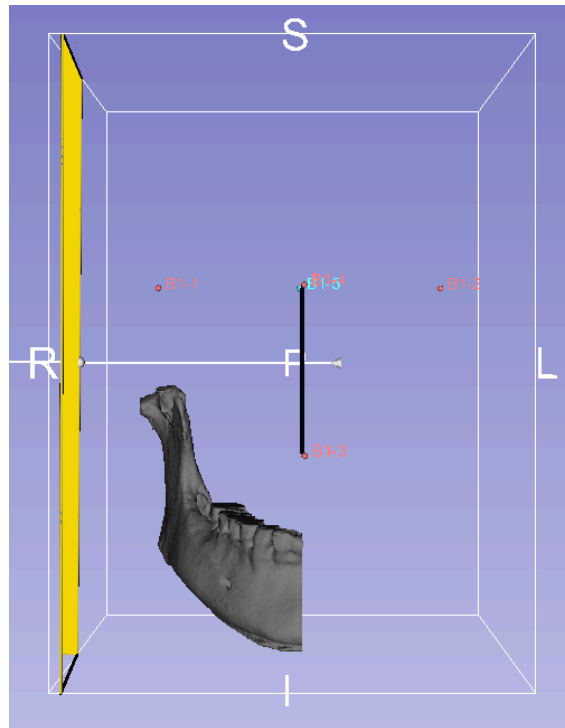
derecha (figura 4.16).



**Figura 4.16. Vista frontal de la obtención de los hemimodelos del lado derecho del cráneo y mandíbula**

Una vez que se obtiene la hemimandíbula, se puede separar el modelo de la base craneal y trabajar

únicamente con el mandibular (figura 4.17).



**Figura 4.17. Modelo de la hemimandíbula derecha posicionada sobre la base craneal y los puntos de referencia**

Se repitió el mismo proceso con el modelo de la imagen en espejo.

Se obtiene un archivo cuyos fiducials (o conjunto de puntos de referencia o landmarks) denominamos B1 para el CBCT original y B2 para la imagen en espejo.

#### **4.2.3.4. Cuantificación de las asimetrías mandibulares sobre los modelos de superficie utilizando mapas de color**

Los modelos de superficie de las estructuras craneofaciales extraídas de CBCT pueden mejorar la toma de decisiones en el plan de tratamiento del paciente, pues permiten hacer seguimiento de los cambios que se producen a lo largo del tiempo, con o sin tratamiento, a través de superposiciones de los mismos.

Los modelos de superficie permiten hacer mediciones

más precisas de estructuras tridimensionales que las convencionales mediciones sobre radiografías en dos dimensiones.

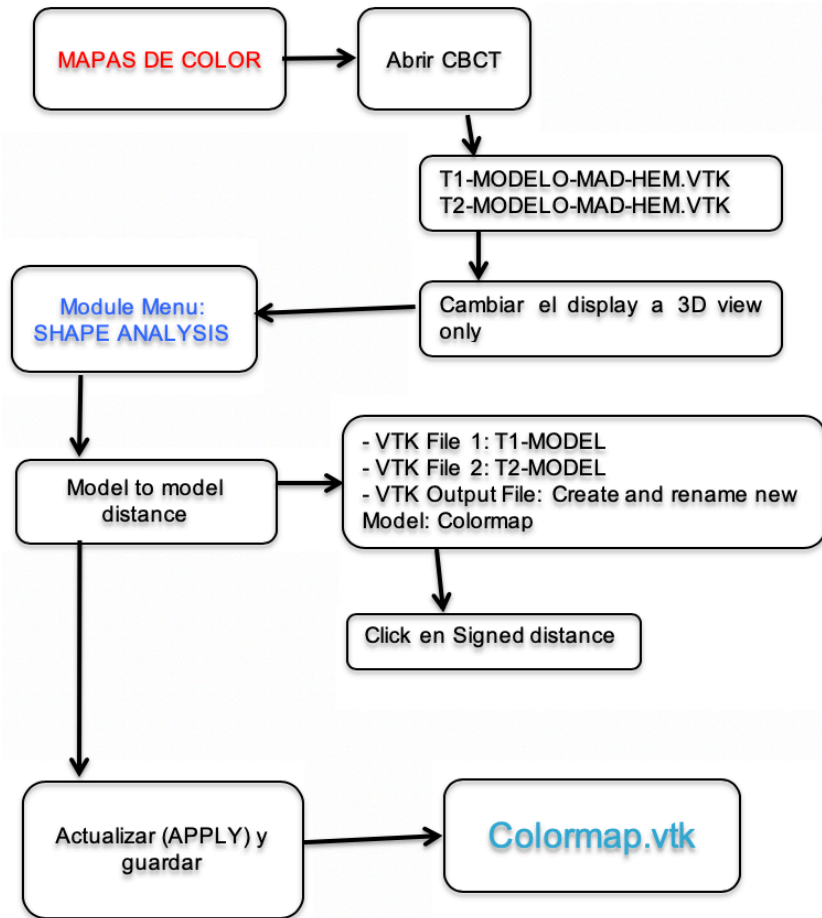
Una de las ventajas de la cuantificación de las asimetrías mandibulares sobre modelos de superficie es que proporcionan un mapa de color con las diferencias de tamaño de ambos lados, dejando atrás los errores producidos por la incorrecta elección de puntos de referencia o por variaciones anatómicas que complican la adecuada detección de éstos cuando tratamos de hacer mediciones lineales sobre estructuras en 3D.

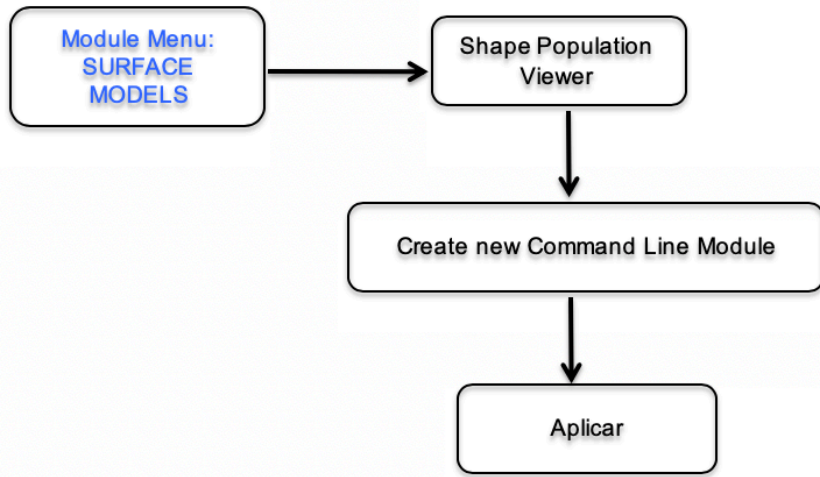
Las imágenes en 3D de dos modelos pueden detectar de forma adecuada las asimetrías mediante la realización de métodos de superposición como los mapas de color. Estos análisis en 3D proveen de un mejor entendimiento de las estructuras bilaterales.

Los mapas de color permiten cuantificar el grado de cambios entre los dos modelos mediante la aplicación de

diferentes colores sobre las superficies que presentan las variaciones, en aquellos rangos que previamente hemos elegido. Es decir, en un mapa de color, cada color representa una cantidad de cambio diferente.

En el esquema 4.6 se explican los pasos en detalle para la creación de un mapa de color.

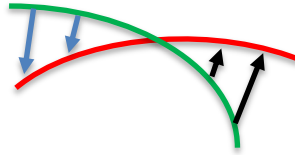




***Esquema 4.6. Creación de un mapa de color y su visualización con la herramienta Shape Population Viewer***

En estudios anteriores donde valoraban asimetrías (Cevidanez y cols., (2011), AlHadidi y cols., (2012) eligieron el CBCT original (VTK File 1) como fuente y el reflejado como objetivo (VTK File 2), pero eso no debe importar siempre y cuando se sepa cómo se calculan las distancias. Se muestra un ejemplo en la figura 4.17.





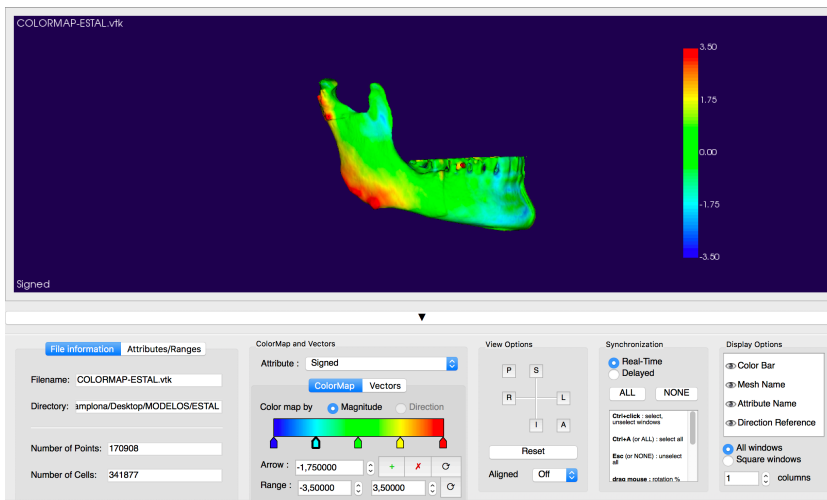
**Figura 4.17.** Rojo: modelo fuente, verde: modelo objetivo, azul: distancias con valores negativos y negro: distancias con valores positivos.

Tras la realización de la secuencia anterior, aparecerá una nueva ventana (herramienta Shape Population viewer).

- Si ésta presenta otros archivos, debemos seleccionar la pestaña superior File y la opción Delete All.
- Si no aparece nada, abrir el archivo Colormap.vtk que acabamos de crear, arrastrándolo a la ventana.

En un mapa de color, cada color representa una cantidad

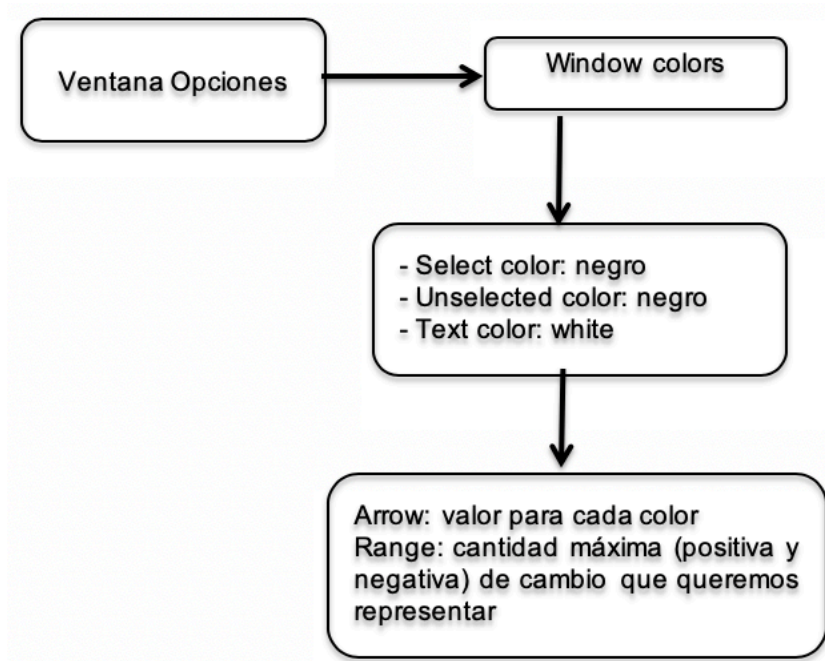
diferente de cambio, lo que nos permite un análisis en 3D de la variabilidad de forma presente entre ambas hemimandíbulas (figura 4.18).



**Figura 4.18. Mapa de color representando las distancias positivas y negativas de la superposición de dos hemimandíbulas**

Esta figura 4.18 es la imagen de la ventana con las opciones para determinar las características de nuestro mapa de color, lo que se consigue siguiendo los pasos del

esquema 4.7:



***Esquema 4.7. Creación de características personalizadas de un mapa de color***

El rango se ajusta hasta obtener pequeñas áreas en rojo.

En nuestro caso nos movimos con un rango entre  $\pm$  3,5mm.

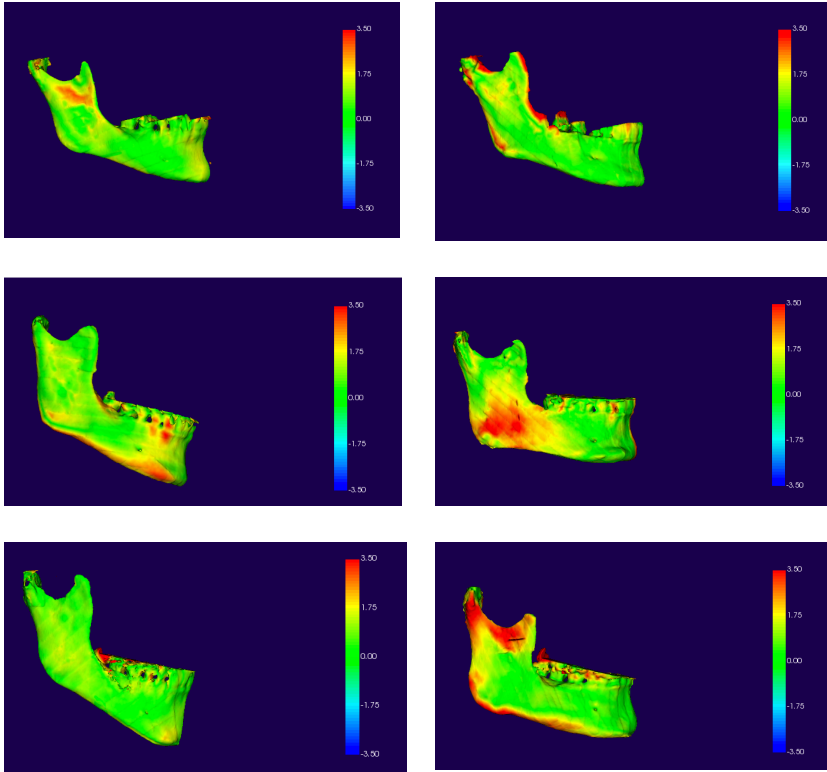
Los colores seleccionados y su equivalencia fueron:

- Azul oscuro: -3,5mm
- Azul claro: -1,75mm
- Verde: 0mm
- Amarillo: +1,75mm
- Rojo: +3,5mm

Añadir nuevos colores permite analizar los cambios tanto en el hueso como en los dientes debidos al crecimiento o al tratamiento. En nuestro caso, valorábamos las asimetrías de crecimiento a nivel bilateral.

Cuando comparamos el mapa de color y la superposición, el primero nos ayuda a un mejor entendimiento de los cambios originados y a una cuantificación más exacta de los mismos.

La figura 4.19 nos muestra más ejemplos de mapas de color.



**Figura 4.19: Ejemplos de mapas de color**

## 4.2.4 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

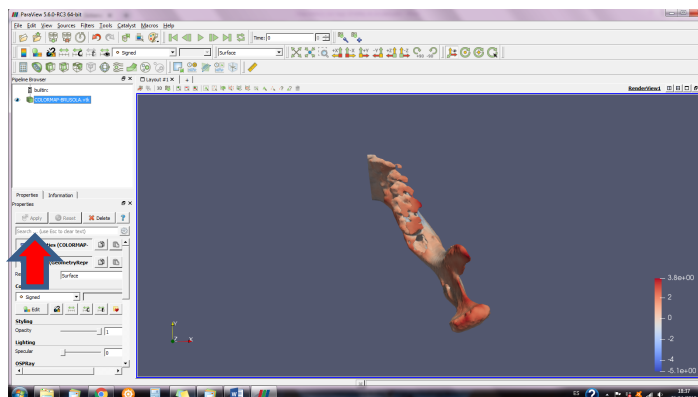
### 4.2.4.1. Análisis de los modelos mediante el software

#### Paraview para la obtención de los datos estadísticos

Para la obtención de las distancias entre puntos equivalentes de una y otra hemimandíbula, se utilizó el software Paraview, que permite el análisis de imágenes en 3 dimensiones.

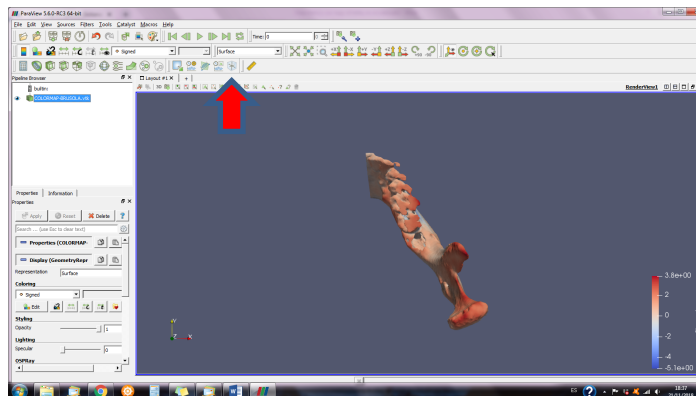
Los pasos a seguir se detallan a continuación:

1. Se abre el archivo .vtk del paciente.
2. Para la aplicación de propiedades sobre la imagen visualizada, se ‘aplican propiedades’ (flecha roja, figura 4.20)



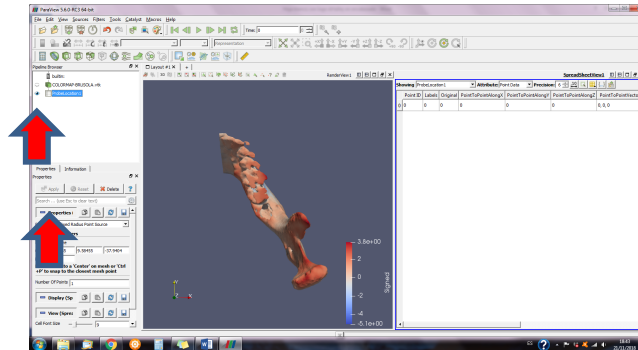
**Figura 4.20: Icono propiedades**

3. El siguiente paso nos sirve para mostrar el llamado sensor de localización. Se trata básicamente de una hoja de datos que muestre las coordenadas y demás información numérica asociada a un punto o conjunto de puntos asignable en la imagen. Para ello se debe seleccionar el icono en forma de cubo, como se muestra en la Figura 4.21.



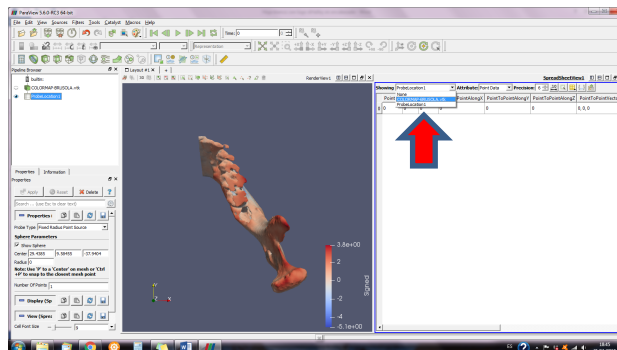
**Figura 4.21. Sensor de localización**

4. Pedimos la visualización (haciendo clic en el símbolo de un ojo) y aplicamos propiedades, como señalan las flechas de la figura 4.22.



**Figura 4.22. Visualización de los datos numéricos**

5. A continuación, indicamos qué datos queremos que muestre la hoja de datos. En nuestro caso, los correspondientes al paciente en cuestión, seleccionando el nombre del archivo .vtk de dicho paciente (Figura 4.23).

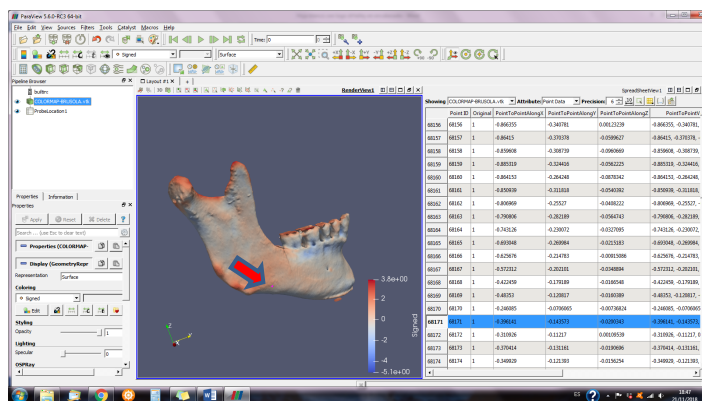


**Figura 4.23. Selección del archivo .vtk**



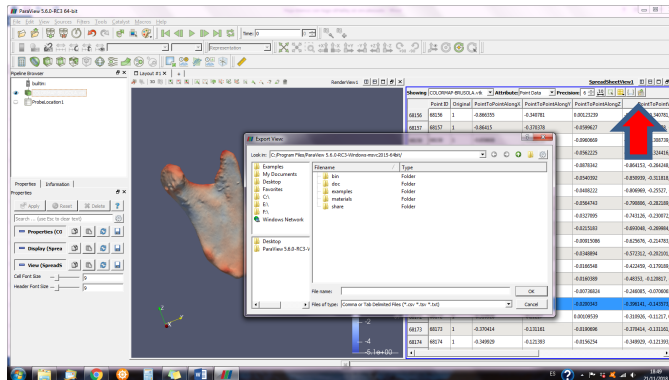
6. Una vez seleccionado el archivo del paciente y la herramienta ProbeLocation1, podemos seleccionar una fila en la hoja de datos (que es correspondiente a un punto) y éste aparecerá identificado en la imagen. En este caso lo podemos ver en color rosa donde marca la flecha (Figura 4.24).

Hay que tener en cuenta que puede ser necesario girar la imagen para localizar dicho punto.



**Figura 4.24. Localización de un punto en la imagen tras la selección en la hoja de datos**

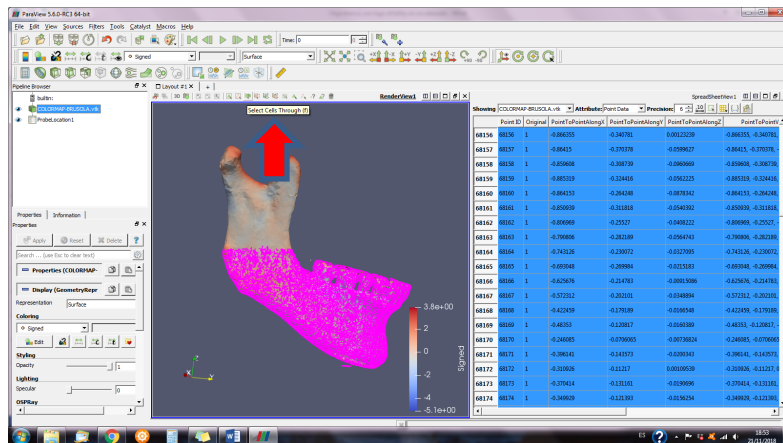
7. Tras la localización de varios puntos, procederemos a transferir la hoja de cálculo de datos para la realización del análisis estadístico. El botón 'Exportar' nos permite transferir la hoja completa (o un subconjunto de datos a un fichero .csv), como se muestra en la Figura 4.25, seleccionando el icono señalado con la flecha.



**Figura 4.25. Traspaso de datos a un fichero .csv**

En el caso de que se desee exportar sólo un subconjunto de datos, por ejemplo, los correspondientes a una región anatómica concreta debemos:

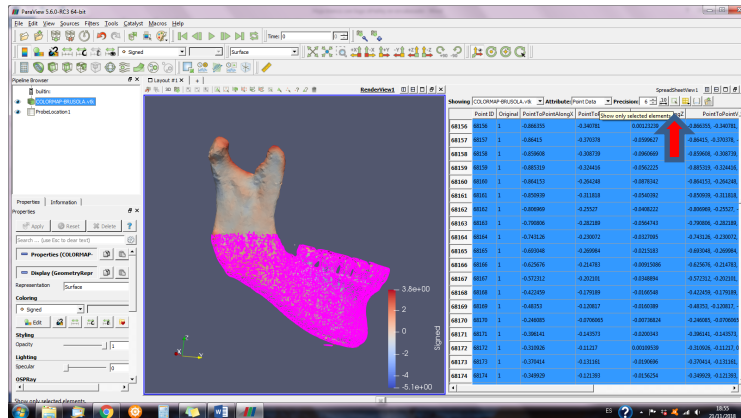
- a) En primer lugar, con la opción ‘seleccionar celdas a través’ se delimita la zona de interés, por ejemplo, el cuerpo de la mandíbula
- b) Mediante ‘clic y arrastrar’ (Select Cells through), los datos de todos los puntos seleccionados en la imagen aparecen resaltados en la hoja (figura 4.26):



**Figura 4.26. Selección de unos puntos de la imagen en 3D**

- c) Con la opción ‘mostrar sólo elementos seleccionados’ (el icono con la flecha, figura

4.27) podemos filtrar la hoja y a continuación realizar la exportación sólo de esos datos:



**Figura 4.27. Icono para exportar puntos seleccionados**

Así pues, para cada paciente disponemos de dos ficheros .csv, uno correspondiente al cóndilo y otro al cuerpo.

En la hoja de datos existe una variable que identifica el número de punto (Point ID).

En el fichero .csv del cóndilo diremos que todos los puntos pertenecen a esa región (variable ZONA= "cóndilo"). Actuamos de forma equivalente para "cuerpo".

Todos los puntos que no están identificados como “cóndilo” o como “cuerpo” en los ficheros parciales pasarán a formar parte automáticamente de la “rama”.

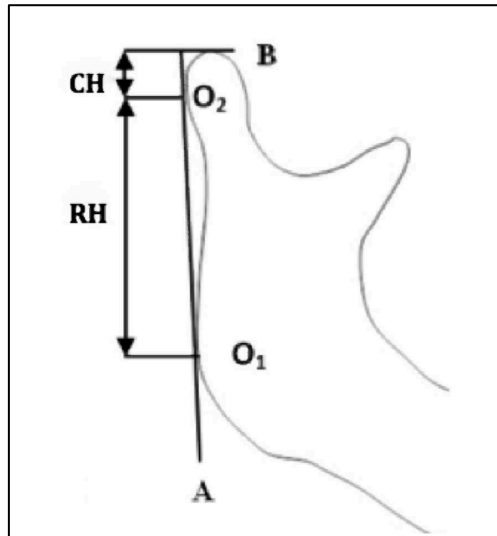
Para la identificación de los puntos según la región anatómica de la que proceden, con el fin de poder evaluar diferencias en la asimetría dependiendo de la zona mandibular, se han considerado 3 grandes regiones: cóndilo, rama y cuerpo, delimitadas a partir de la técnica de Habets y cols. (1988).

Estos autores utilizan puntos y líneas para delimitar las regiones mandibulares:

- Línea A: tangente que pasa por los puntos más posteriores de cóndilo y rama
- Línea B: paralela a línea A, que pasa por el punto más superior del cóndilo mandibular
- Punto O<sub>1</sub>: punto más posterior de la rama mandibular

- Punto  $O_2$ : punto más posterior del cóndilo mandibular

La técnica de Habets, sobre radiografías panorámicas, consiste en la medición de la altura de los cóndilos derecho e izquierdo. Para ello, se traza una tangente (línea A) que pasa por los puntos más posteriores de la rama ( $O_1$ ) y del cóndilo ( $O_2$ ). Después se traza una perpendicular a la línea A, que denominamos línea B, que pasa por el punto más superior del cóndilo. Una paralela a esta línea B y pasando por el punto  $O_2$  delimitará la base del cóndilo, de igual forma que una paralela a la línea B y que pasa por  $O_1$ , delimitará la altura de la rama. El resto de la mandíbula corresponderá a la zona del cuerpo. La figura 4.28 muestra la localización de los puntos y líneas según estos autores:



**Figura 4.28: Esquema de la técnica de Habets**

Los ficheros .csv se exportan a SPSS 15.0 y se fusionan (añadiendo casos y/o variables) hasta obtener el macro-fichero final de 10.505.915 casos. Mediante las herramientas de 'agregación' del programa se genera el archivo de datos de los pacientes, donde cada variable es una función de todos los datos en el fichero de puntos correspondientes a ese paciente (por ejemplo, media o porcentaje de puntos que cumplen una condición).

## 5. RESULTADOS.





El estudio del error del observador se realizó a nivel de paciente (ya que sucesivas parametrizaciones no permiten conectar y comparar puntos individuales de diferentes sesiones de medición). La distancia media con signo a nivel de paciente será la variable primaria sobre la que desarrollar el análisis.

Se estimó el coeficiente de correlación intra-clase CCI (o ICC, en inglés), medida paramétrica basada en la descomposición de la variabilidad de la tabla ANOVA y representativa de la concordancia entre dos series de mediciones.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente, 5.1:

	<b>CCI</b>	<b>Evaluación</b>
<b>Intra-observador</b>	<b>0,89</b>	<b>Buena-muy buena</b>
<b>Inter- observador</b>	<b>0,76</b>	<b>Buena</b>

***Tabla 5.1. Reproducibilidad intra e inter-observador del proceso de medición de la distancia con signo: coeficiente de correlación intra-clase CCI y evaluación de la concordancia***

Es decir, puede aceptarse un elevado grado de concordancia entre las mediciones realizadas por la misma observadora y también notablemente alto si se compara al de una segunda observadora independiente.

## 5.1 Muestra y metodología estadística

La muestra para la investigación está constituida por 60 pacientes. Se trata de 34 mujeres (56,7%) y 26 varones (43,3%), con una edad media de  $32,7 \pm 11,6$  años, con un rango entre 15 y 60 años.

El valor del Wits permite la clasificación de los pacientes por clase esquelética y el ángulo del plano mandibular por patrón facial. El diseño es balanceado en lo que respecta a la clase (3 grupos con  $n=20$  pacientes cada uno).

A partir de la imagen tomada mediante una Tomografía Computarizada de Haz Cónico o Cone Beam Computed Tomography (CBCT), de un paciente se crea un modelo virtual 3D de cada hemiarcada por segmentación (proceso que utiliza un gran número de cortes axiales a una cierta resolución). El software empleado para ello fue 3DSlicer. Tomando como referencia la hemimandíbula derecha, se procede a obtener la imagen especular de la izquierda a

través del plano sagital y superponerla sobre la anterior. Como se explica en el apartado “Material y Métodos”, se procede a la creación de la imagen especular con un movimiento de rotación izquierda-derecha. La imagen en espejo se realiza mediante la conversión arbitraria de la orientación de la imagen desde (Derecha-Izquierda, Antero-Posterior e Infero-Superior) a (Izquierda-Derecha, Antero-Posterior e Infero-Superior). Este movimiento preserva el tamaño de la imagen y se establece la correspondencia punto a punto entre las dos imágenes.

La asimetría se define como la diferencia entre las dos hemimandíbulas. Cada punto de la hemiarcada de referencia (derecha) es el origen de un vector que lo conecta con el correspondiente punto en la hemiarcada izquierda una vez obtenida la superposición óptima. La longitud de ese vector es la distancia en mm, cuantificación de la asimetría, y que se denotará ‘signed

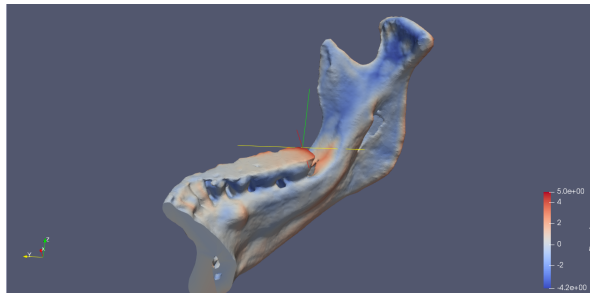
distance' (***distancia con signo***); ya que conserva el signo:

- Positivo: si el vector tiende hacia fuera (es decir, la hemiarcada izquierda contiene a la derecha en ese punto).
- Negativo: si el vector tiende hacia dentro (la izquierda está inscrita dentro de la derecha en ese punto).

Los 60 pacientes acumulan un total de 10.505.915 puntos donde se obtuvo una medición del vector de distancia. Este vector cuantifica la distancia entre 2 puntos cuando la hemiarcada izquierda se refleja a través del plano medio-sagital y se superpone a la derecha (esto es, la distancia representa el grado de asimetría en un punto específico). El paciente donde el modelo 3D (de la superposición) incluyó menos puntos de medición fueron 81.562 y el paciente con mayor número fueron 269.755.

En promedio, podemos decir que el modelo de un paciente se configuró a partir de unos 175.000 puntos.

La figura 5.1 corresponde al fichero (formato .vtk) de un paciente, visualizado con el software Paraview, donde la escala de color representa el nivel de la variable distancia con signo:



**Figura 5.1. Fichero .vtk**

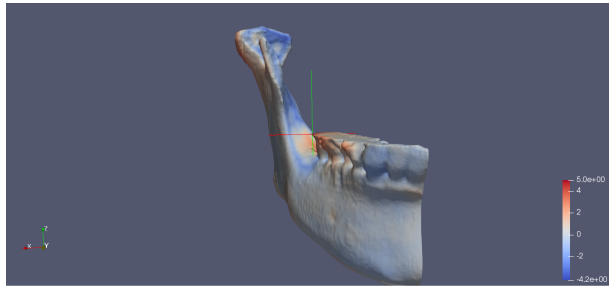
La distancia con signo es la medida direccional de la asimetría. Proporciona información completa de qué hemiarcada tiende a contener a qué otra. En una situación hipotética de balance absoluto, sólo daría información de ese equilibrio y no de la magnitud de la asimetría global;

ya que la media de todos los puntos sería cero como compensación entre puntos con distancia con signo positivo y puntos con distancia con signo negativo (Imagínese que en la mitad de los puntos la asimetría es +2mm a favor de la hemiarcada izquierda y en la otra mitad -2mm a favor de la derecha. La distancia con signo media del paciente será 0; pero indudablemente la asimetría existe). Por esta razón, se maneja también la distancia absoluta.

La *distancia absoluta* es el módulo de la distancia con signo y cuantificará la cantidad de asimetría independientemente de su dirección.

Cualquiera de las medidas de distancia anteriores son vectores cuyas componentes en el espacio 3D representan la cantidad de asimetría en cada uno de los ejes del espacio. Tanto la figura 5.1 como la 5.2, con una orientación alternativa, permiten interpretar esos ejes:





**Figura 5.2: Visualización del archivo .vtk**

La distancia entre ambas hemimandíbulas se puede visualizar en los tres planos del espacio, donde:

- Eje X (en color rojo): es resultante del corte de los planos coronal y axial de la imagen, es decir, es perpendicular al plano medio sagital que corta la mandíbula en dos mitades.
- Eje Y (en color amarillo): es resultante del corte de los planos coronal y sagital de la imagen, es decir,

es perpendicular al plano axial (en el gráfico también al del papel o la pantalla)

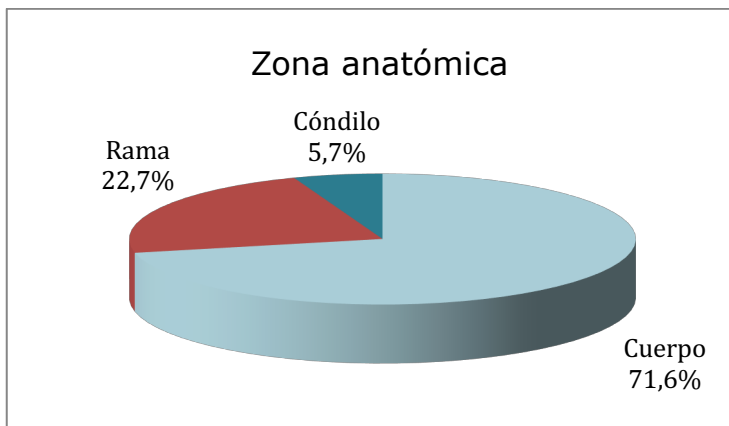
- Eje Z (en color verde): es resultante del corte de los planos sagital y axial de la imagen, es decir, es perpendicular al plano coronal.

La serie de variables respuesta (vectores distancias y componentes) se registran en varios miles de puntos por paciente. Concretamente, en un promedio de 175.098 puntos por sujeto, acumulando una muestra total a nivel de puntos de 10.505.915.

Los puntos también se han clasificado según la *región anatómica* de la que proceden, con el fin de poder evaluar diferencias en la asimetría, considerado 3 grandes

regiones: cóndilo, rama y cuerpo, delimitadas a partir de la técnica de Habets y cols. (1988).

El total de 10.505.915 puntos con medición en la base de datos se distribuyen en las anteriores regiones anatómicas como se muestra en el diagrama 5.1:



**Diagrama 5.1. Puntos según la región anatómica**

## **5.2 Análisis estadístico**

El análisis descriptivo proporcionó los estadísticos más relevantes para cada uno de los parámetros a nivel de pacientes y puntos: media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana, para las variables continuas y frecuencias absolutas y relativas para las categóricas. Respecto al análisis inferencial, se aplicó el test t de una muestra para determinar si la media de un parámetro de distancia es cero (sugiriendo asimetría significativa o no).

Para evaluar si la asimetría depende de factores independientes como la región anatómica, la clase esquelética o el patrón facial se estimó un modelo lineal general ANOVA de una vía. Como prueba de comparación múltiple entre distintas categorías, se utilizó la de Bonferroni.

Para la aplicación de los métodos paramétricos anteriores, es necesaria la comprobación previa de

hipótesis de normalidad y homogeneidad de las varianzas.

En la muestra de puntos de medición, la primera no fue necesaria dado el gran tamaño muestral y la consiguiente validez del TCL (Teorema Central del Límite). En la muestra de pacientes se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov pues los subgrupos siempre constan de más de 15 casos. En caso de desviaciones de la normalidad se excluye para ese análisis el caso/casos extremo/s responsables de la misma. La homogeneidad de varianzas se aseguró mediante la prueba de Levene.

El *nivel de significatividad* empleado en los análisis fue el 5% ( $\alpha=0,05$ ).

Un modelo lineal general tipo ANOVA, en la muestra actual de  $n=145$  pacientes, alcanzó una potencia del 77,6% para detectar un tamaño de efecto grande ( $f=0,4$ ) en la diferencia de distancia media (o cualquier parámetro

continuo) entre grupos de pacientes, asumiendo un nivel de confianza del 95%. Puntualizamos que:

- Este tamaño de efecto equivale, por ejemplo, a una distancia media punto-a-punto en 3 grupos (por ejemplo, clase I, II y III) igual a 0,86, 1,00 y 1,14mm con una desviación estándar  $\pm 0,3$ mm (similar a la de la muestra actual).
- O sea, para esta magnitud de diferencias, la estadística no tendría demasiados problemas en detectarla; pero para una menor sí que será complicado. Hay que pensar si esta magnitud de diferencias está por encima de la relevancia clínica o no.

El mismo modelo sobre la muestra a nivel de punto (n=10.505.915) consiguió una potencia máxima (>99,9%) en las mismas condiciones anteriores.

### **5.3. Resultados**

#### **5.3.1. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de punto**

Se describen las variables de clasificación y las medidas de distancia a nivel de punto de medición.

#### **Distancia con signo**

La distancia con signo media es  $0,142 \pm 1,407\text{mm}$ .

El hecho de que la desviación estándar supere ampliamente la media no debe llamar la atención; se explica ya que la variable distancia puede tomar como valor cualquier número real, positivo o negativo. A la hora de promediar, y debido a la compensación entre unos y otros, la media se reduce pero la desviación, siempre positiva, es la cantidad de variabilidad presente en la muestra.

El intervalo de confianza al 95% para la media es (0,141-0,143), extremadamente estrecho, lógicamente por el ingente tamaño muestral. Como excluye al valor 0, puede afirmarse que existe asimetría significativamente positiva, es decir, la hemimandíbula izquierda tiende a contener inscrita en su interior a la derecha. El test t confirma este resultado ( $p < 0,001$ ).

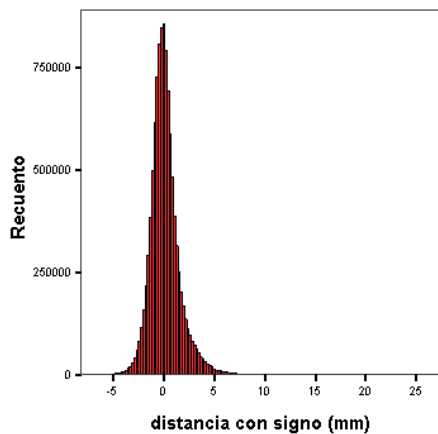
A la hora de establecer resultados, es importante hacer notar que debido al tamaño muestral es muy fácil hallar diferencias significativas, incluso aunque las diferencias estén muy por debajo de la relevancia clínica. Esto es general para todos los análisis sobre la base de datos de puntos. Aquí, por ejemplo, debemos valorar si una distancia media de +0,142mm es suficientemente relevante a nivel clínico.

Sin embargo, obsérvese que la mediana es 0mm: en la mitad de los puntos la distancia es positiva y en la otra



mitad es negativa. Ello sugeriría una aparente contradicción con lo anterior: no hay predominio de una hemiarcada sobre la otra. La explicación es que aunque el número de puntos con una y otra condición sea equilibrado, en los puntos con distancia positiva ésta es de mayor magnitud que las de los negativos.

El histograma 5.1 es clarificador a este respecto:



***Histograma 5.1***

- La campana está desplazada a la izquierda porque hay una más larga 'cola' de puntos con distancia positiva. Véase, por ejemplo, que hay bastantes puntos por encima de +5mm; pero no se aprecian por debajo de -5mm.

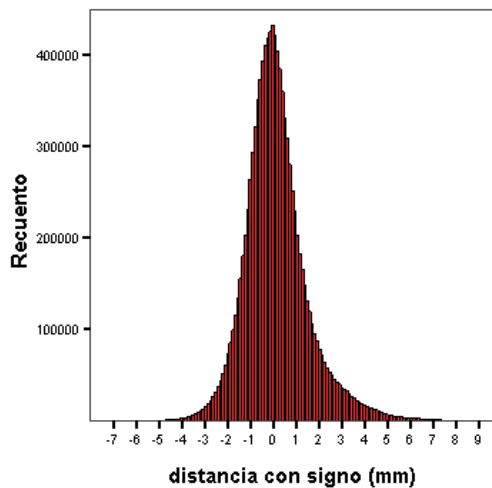
De hecho es ya evidente que las dos mitades de la campana (respecto al eje de la mediana 0mm) no son simétricas. La mitad derecha es más ancha.

Se contabilizaron 255 puntos donde la distancia con signo excedió de +10mm. Para asegurar que estos valores tan extremos no influyen en la estimación de la distancia con signo media, se eliminaron temporalmente del análisis y se replicó la descriptiva, obteniéndose una media  $0,142 \pm 1,405$ mm, es decir, idéntica. Lógicamente, 255 puntos suponen sólo el 0,0024% del total de puntos

y no tiene ningún efecto mantenerlos o eliminarlos.

Se decidió mantenerlos en el análisis.

- Un zoom del histograma anterior, mostrado en el histograma 5.2, al rango más habitual de valores (-7 a +9mm) permite visualizar mejor la asimetría de la distribución que, al fin y al cabo, es asimetría mandibular direccional:



***Histograma 5.2***

<b>Componentes de la distancia con signo</b>
--

La tabla 5.2 describe las componentes del vector distancia a lo largo de los 3 ejes:

	N	Media	Desviación típica	IC 95% media	Mínimo	Máximo	Mediana
PointToPointAlongX	10505915	0.042	0.971	0.041 - 0.042	-8.163	26.006	0.013
PointToPointAlongY	10505915	0.062	0.765	0.062 - 0.063	-9.196	7.678	0.021
PointToPointAlongZ	10505915	-0.082	0.677	-0.082 - -0.081	-16.366	6.120	-0.010

**Tabla 5.2. Vector distancia en eje x, y, z (mm)**

La distancia media en el eje X es inferior a la del eje Y; pero ambas positivas, lo que sugiere la misma conclusión que para el vector: la hemiarcada izquierda tiende a superar a la derecha.

Por el contrario, en el eje Z, es la de referencia derecha la que se sitúa más 'alta' que la izquierda. En los 3 casos las medias son significativamente no nulas ( $p < 0,001$ , t-test).

Las medianas conservan el signo de las medias. Por ejemplo, en más de la mitad de los puntos la componente X de la distancia supera los 0,013mm.

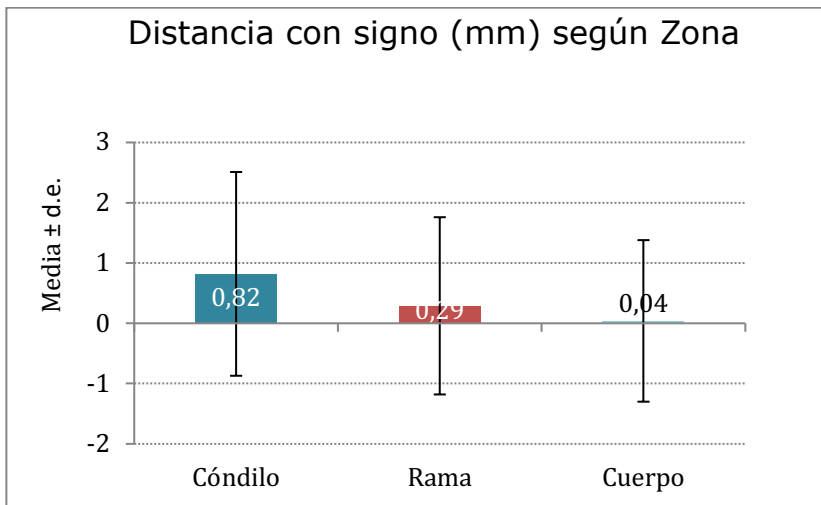
Obsérvese cómo la mediana en el eje Z es la que más aumenta respecto a la media, lo que significa que en esa dimensión debe haber muchos puntos donde el valor negativo es bastante grande (y tiende a disminuir la media frente a una mediana más moderada).

**Efecto Zona Mandibular sobre la distancia con signo**

El diagrama 5.2 describe las variables a nivel de punto y segmentando por región o zona anatómica. La tabla 5.3 revela que la asimetría tiende a ser mayor en el cóndilo frente a la rama y, a su vez, frente al cuerpo:

	ZONA			
	Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
<b>N</b>	10505915	602560	2380325	7523030
<b>Media</b>	.142	.823	.286	.042
<b>Desviación típica</b>	1.407	1.688	1.470	1.341
<b>Mínimo</b>	-8.117	-4.308	-5.715	-8.117
<b>Máximo</b>	27.927	8.598	27.927	8.956
<b>Mediana</b>	.000	.562	.075	-.048

**5.3. Signed Distance (mm) según zona**



**Diagrama 5.2. Variables a nivel de punto y segmentando por región o zona anatómica**

p-valor	
<b>Zona</b>	<b>&lt;0,001***</b>

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.4. Distancia con signo media según Zona anatómica: resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría es significativamente distinto en las 3 regiones de estudio.

	Cóndilo	Rama
Cóndilo		
Rama	<0,001***	
Cuerpo	<0,001***	<0,001***

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.5. Distancia con signo media según Zona anatómica:  
resultados comparaciones múltiples de Bonferroni**

La asimetría en el cóndilo mandibular, es significativamente mayor a la de la rama y a la del cuerpo. Asimismo, la de la rama lo es superior a la del cuerpo mandibular.



El grado de asimetría evaluado a través de la distancia con signo es positivo y significativamente no nulo. Las diferencias en milímetros punto-a-punto sugieren que la hemimandíbula izquierda tiende a contener a la derecha, principalmente en las direcciones  $x$  e  $y$  (las perpendiculares a los planos sagital y axial).

La asimetría en la zona del cóndilo es superior a la de la rama y ésta, a su vez, a la del cuerpo.

---

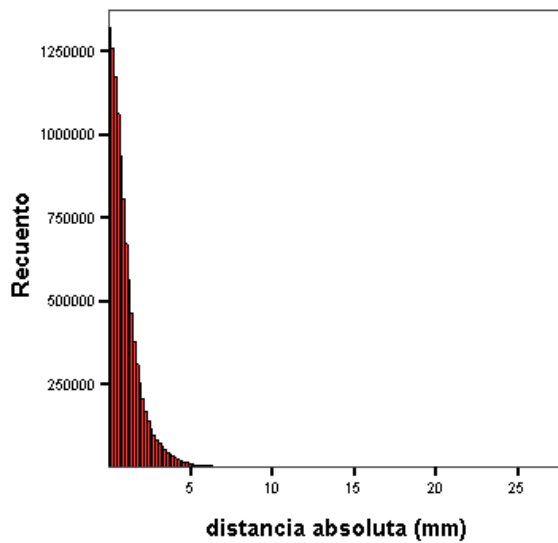
### 5.3.2. Análisis de la distancia absoluta a nivel de punto

En el caso de querer centrar nuestra atención en la magnitud de las discrepancias en la superposición, sin atender a la dirección de las mismas, se tiene que estudiar el módulo de la distancia con signo o, lo que es igual, la distancia absoluta. La tabla 5.6 describe este parámetro.

#### **Distancia absoluta**

La distancia absoluta media es  $1,022 \pm 0,977\text{mm}$ . El intervalo de confianza al 95% para la media es (1,021–1,023) lo que indica que la asimetría es significativamente no nula ( $p < 0,001$ , t-test). La mediana es 0,749mm.

El histograma 5.3 adopta la forma típica de variables tipo módulo, con una larga cola hacia la derecha cuyos valores impactan muy poco en la descriptiva anterior.



***Histograma 5.3***

<b>Componentes de la distancia absoluta</b>
---

La tabla 5.6 describe las componentes del vector distancia a lo largo de los 3 ejes:

	N	Media	Desviación típica	IC 95% media	Mínimo	Máximo	Mediana
PPX_ABS	10505915	0.634	0.737	0.633 – 0.635	0.000	26.006	0.397
PPY_ABS	10505915	0.486	0.594	0.486 – 0.487	0.000	9.196	0.297
PPZ_ABS	10505915	0.382	0.565	0.382 - 0.383	0.000	16.366	0.173

**Tabla 5.6. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm)**

Es en el eje X (perpendicular al plano sagital) en el que las diferencias son más fuertes, con una media 0,634mm, superior a los 0,486mm del eje Y y a los 0,382mm del eje Z.

En términos de medianas, las diferencias se mantienen; aunque a un nivel lógicamente más bajo (las medianas

son inferiores porque hay una larga cola a la derecha de la distribución).

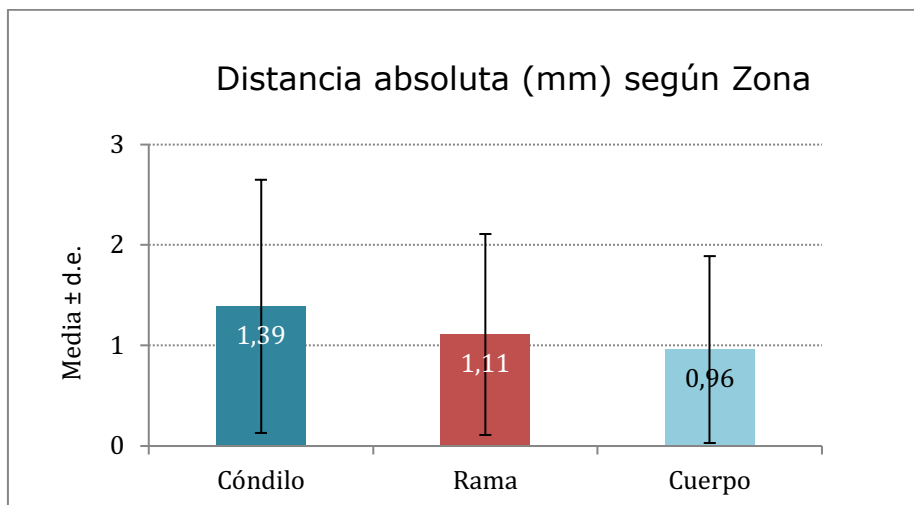
En los 3 casos las medias son significativamente no nulas ( $p < 0,001$ , t-test).

### **Efecto Zona sobre la distancia absoluta**

La tabla 5.7 describe las variables a nivel de punto y segmentando por región o zona anatómica. La tabla 5.7 y el diagrama 5.3 revelan que la asimetría tiende a ser mayor en el cóndilo frente a la rama y, a su vez, frente al cuerpo:

	ZONA			
	Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
<b>N</b>	10505915	602560	2380325	7523030
<b>Media</b>	1.022	1.393	1.111	.964
<b>Desviación típica</b>	.977	1.259	1.004	.933
<b>Mínimo</b>	.000	.000	.000	.000
<b>Máximo</b>	27.927	8.598	27.927	8.956
<b>Mediana</b>	.749	1.012	.845	.705

**Tabla 5.7. Absolute Distance (mm) según zona**



**Diagrama 5.3. Distancia absoluta (mm) según zona**

	p-valor
Zona	<0,001***

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.8. Distancia absoluta media según zona anatómica:  
resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría es significativamente distinto en las 3 regiones de estudio.

	Cóndilo	Rama
Cóndilo		
Rama	<0,001***	
Cuerpo	<0,001***	<0,001***

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.9. Distancia absoluta media según zona anatómica:  
resultados comparaciones múltiples de Bonferroni**

La asimetría en el cóndilo mandibular es significativamente mayor a la de la rama mandibular y a la del cuerpo mandibular. Asimismo, la de la rama mandibular lo es superior a la del cuerpo mandibular.

El grado de asimetría evaluado a través de la distancia absoluta es significativamente no nulo. Las mayores diferencias en mm punto-a-punto tienen lugar en las direcciones x e y (las perpendiculares a los planos sagital y axial).

La asimetría en la zona del cóndilo es superior a la de la rama y ésta, a su vez, a la del cuerpo.

---



### **5.3.3. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de paciente**

El objetivo principal de la investigación es comparar el grado de asimetría en las diferentes clases esqueléticas y patrones faciales de los pacientes. Dado que se trata de variables de perfil del individuo, se propone ahora estudiar la asimetría a nivel de paciente.

Para ello, de cada paciente se obtienen medias de las distancias con signo, absolutas y sus respectivas componentes espaciales. Estos valores son el input para los análisis de éste 5.3.3 y el siguiente apartado 5.3.4.

<b>Distancia con signo</b>
----------------------------

La tabla 5.10 describe la estadística básica para esta medida:

N	60
Media	0.143
Desviación típica	0.380
IC95% media	0.045 – 0.241
Mínimo	-0.445
Máximo	1.694
Mediana	0.063

**Tabla 5.10. Signed distance (mm)**

La distancia con signo media es  $0,143 \pm 0,380\text{mm}$ .

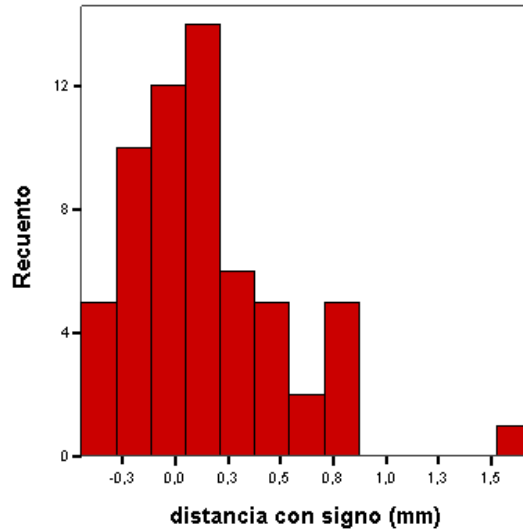
El valor de la media es prácticamente idéntico al obtenido en el apartado 5.3.1 a nivel de punto. La leve diferencia se debe a que para el cálculo de esta nueva distancia media

todos los pacientes tienen el mismo peso para el cálculo (no se trata, pues, de una media ponderada).

La desviación disminuye considerablemente respecto a la del apartado 5.3.1; ya que los valores medios por paciente reducen la variabilidad global.

El intervalo de confianza al 95% para la media es (0,045-0,241), que excluye al 0 y supone admitir una distancia con signo significativamente no nula ( $p=0,005$ , t-test). Puede afirmarse que existe asimetría significativamente positiva, es decir, la hemimandíbula izquierda tiende a superponerse a la derecha.

La distribución de los valores por paciente revela la existencia de un caso extremo: el paciente nº 11 presenta un valor de su distancia con signo extremadamente elevado (ver histograma 5.4):



***Histograma 5.4***

Este hecho conduce a rechazar la hipótesis de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov ( $p=0,029$ ). Sin embargo, dado el moderadamente alto tamaño muestral ( $n=60$ ), el test  $t$  es suficientemente robusto para la comparación de la media. De hecho, si se elimina ahora, el resultado sigue estadísticamente significativo ( $p=0,007$ ),

con distancia media  $0,117 \pm 0,323$  e IC95% (0,033 – 0,201).

### Componentes de la distancia con signo

La tabla 5.11 describe las componentes del vector distancia a lo largo de los 3 ejes:

	N	Media	Desviación típica	IC 95% media	Mínimo	Máximo	Mediana
PointToPointAlongX	60	0.038	0.278	-0.034 – 0.109	-1.100	0.702	0.038
PointToPointAlongY	60	0.061	0.191	0.012 – 0.111	-0.835	0.647	0.050
PointToPointAlongZ	60	-0.081	0.133	-0.116 - -0.046	-0.406	0.263	-0.077

**Tabla 5.11. Vector distancia en eje x, y, z (mm)**

Obsérvese cómo a lo largo del eje Y, el IC95% para el valor medio de la componente excluye al cero por debajo,

esto es, en esta dirección se constata cómo la mandíbula izquierda 'encierra' a la derecha (en promedio). Se ha obtenido  $p=0,016$  en test t.

Análogamente, a lo largo del eje Z sucede lo contrario, ( $p<0,001$ , test t).

Para el eje X, las diferencias no son significativas ( $p=0,299$ , test t).

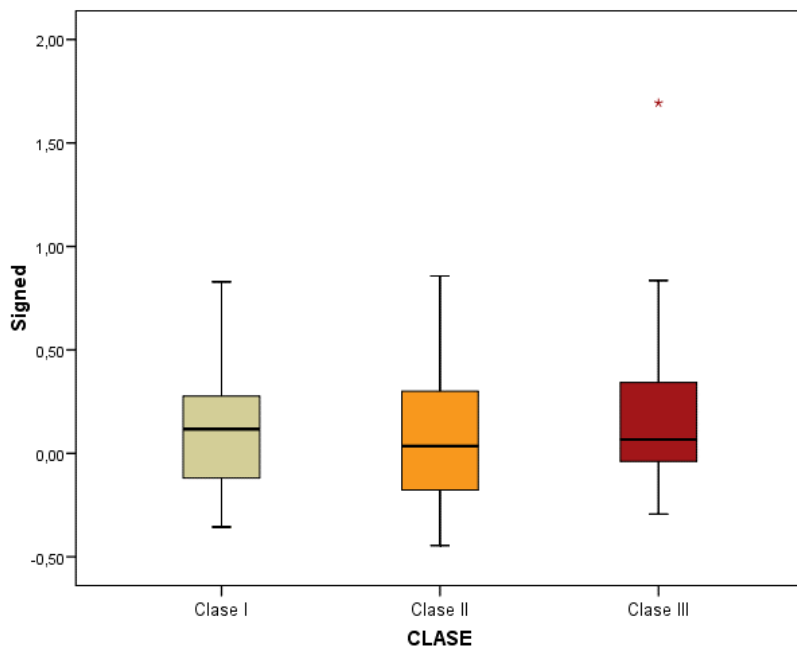
De estos resultados parciales, obsérvese que la asimetría positiva y significativa en el eje Y más la positiva (no significativa) en el eje X conduce a una asimetría general (distancia con signo) que también es positiva y significativa.

<b>Efecto Clase sobre la distancia con signo</b>
--

Se describen las variables a nivel de paciente y segmentando por clase esquelética. La tabla 5.12 revela que la clase III presenta una distancia media superior a las otras dos clases; pero se trata del efecto del paciente nº 11 (extremo); ya que las medianas tienden a parecerse mucho más:

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	60	20	20	20
<b>Media</b>	.143	.126	.091	.212
<b>Desviación típica</b>	.380	.316	.373	.447
<b>Mínimo</b>	-.445	-.356	-.445	-.294
<b>Máximo</b>	1.694	.829	.858	1.694
<b>Mediana</b>	.063	.117	.035	.067

**Tabla 5.12. Signed distance (mm) según clase**



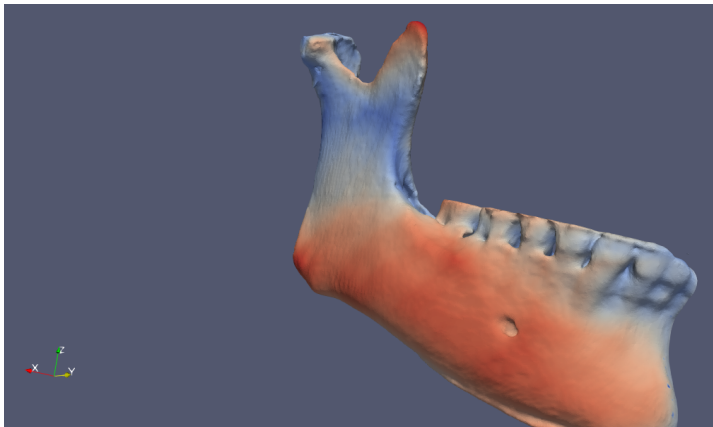
**Diagrama 5.4**

En el diagrama 5.4, la caja concentra al 50% de los casos, siendo la mediana la línea horizontal que la divide. Los bordes superior e inferior de la caja se corresponden con el 1<sup>er</sup> y 3<sup>er</sup> cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los “bigotes” se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por

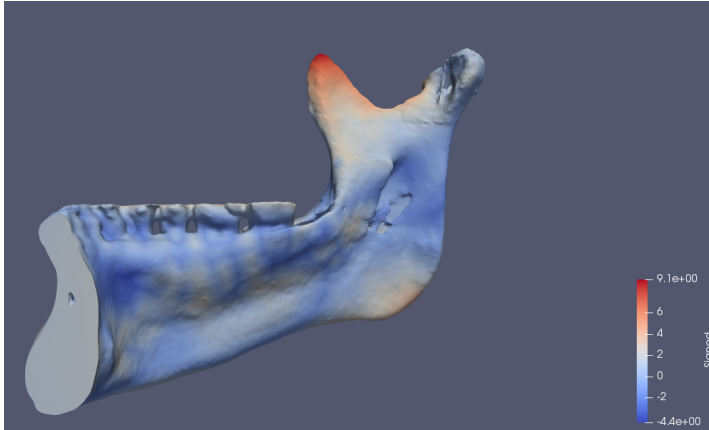


encima de los cuales están los atípicos (círculos) y los extremos (asteriscos).

Cuando consultamos el fichero virtual 3D del paciente nº 11 se comprueba, en efecto, que es un sujeto con una expresión bastante fuerte de la asimetría (Figuras 5.3 y 5.4):

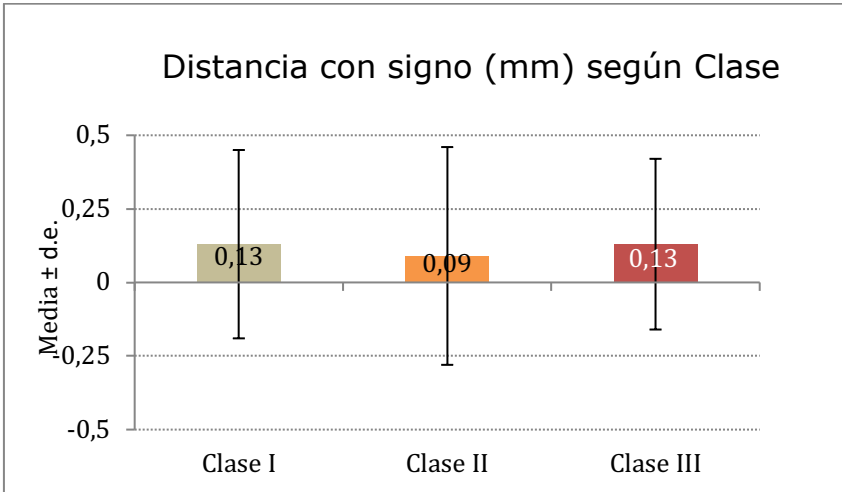


***Figura 5.3. Visión externa del mapa vectorial del paciente 11***



***Figura 5.4. Visión interna del mapa vectorial del paciente 11***

La eliminación momentánea del paciente nº11 (diagrama 5.5) reduce la media de la clase esquelética III a  $0,134 \pm 0,288$ :



**Diagrama 5.5. Distancia con signo (mm) según Clase**

Y permite una comparación más robusta a través del modelo ANOVA:

p-valor	
Clase	0,907

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.13. Distancia con signo media según Clase esquelética:**

**resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría no depende de la clase esquelética del individuo.

	Clase I	Clase II
Clase I		
Clase II	1,000	
Clase III	1,000	1,000

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.14. Distancia con signo media según Clase esquelética:  
resultados comparaciones múltiples de Bonferroni**

Cualquier par de subgrupos que se compare ha de aceptarse como totalmente similar en cuanto a su distancia media.

### Efecto Clase sobre componentes de la distancia con signo

La tabla 5.15 describe las componentes del vector distancia en los diferentes grupos de clase esquelética. Los resultados del modelo ANOVA indican que ni para la dirección X ( $p=0,899$ ), ni la Y ( $p=0,969$ ), ni la Z ( $p=0,980$ ) existen diferencias significativas en la distancia con signo media.

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
PointToPointAlongX	N	60	20	20	20
	Media	.038	.075	.041	-.003
	Desviación típica	.278	.245	.254	.333
	Mínimo	-1.100	-.524	-.406	-1.100
	Máximo	.702	.584	.702	.494
	Mediana	.038	.048	-.032	.047
PointToPointAlongY	N	60	20	20	20
	Media	.061	.070	.079	.036
	Desviación típica	.191	.143	.144	.267
	Mínimo	-.835	-.232	-.136	-.835
	Máximo	.647	.378	.354	.647
	Mediana	.050	.050	.057	.033
PointToPointAlongZ	N	60	20	20	20
	Media	-.081	-.084	-.076	-.084
	Desviación típica	.133	.136	.144	.126
	Mínimo	-.406	-.363	-.406	-.337
	Máximo	.263	.263	.220	.128
	Mediana	-.077	-.103	-.067	-.086

**Tabla 5.15. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según**

**Clase**

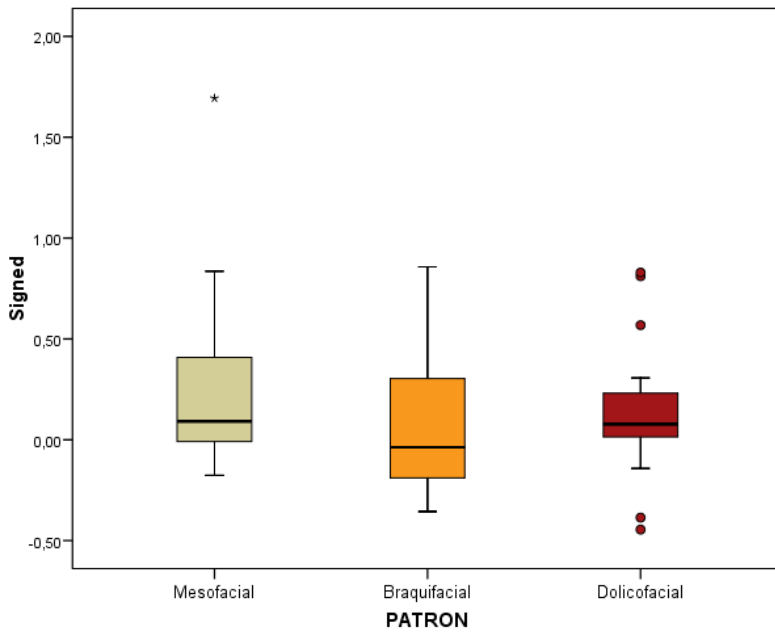
<b>Efecto Patrón sobre la distancia con signo</b>
---

La tabla 5.16 describe la muestra segmentando por el patrón facial.

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	60	17	26	17
<b>Media</b>	.143	.263	.064	.145
<b>Desviación típica</b>	.380	.470	.325	.348
<b>Mínimo</b>	-.445	-.176	-.356	-.445
<b>Máximo</b>	1.694	1.694	.858	.829
<b>Mediana</b>	.063	.091	-.038	.077

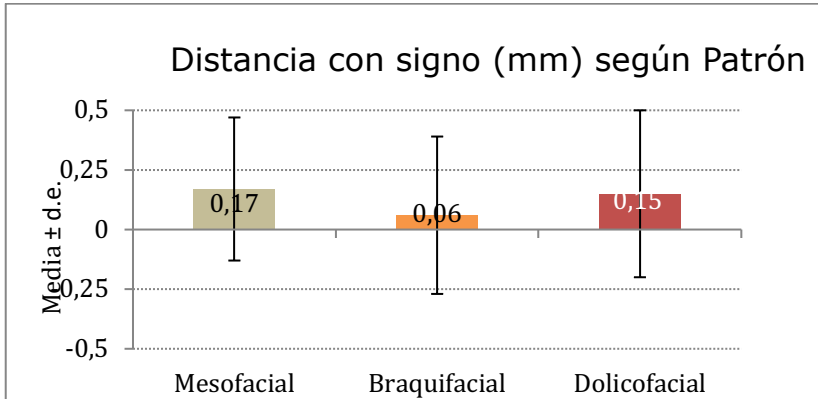
**Tabla 5.16. Signed distance (mm) según Patrón**

El paciente nº11 presenta un patrón de tipo mesofacial y así se detecta en el diagrama 5.6 como un caso extremo.



**Diagrama 5.6**

Si se prescinde de él para el cálculo de los descriptivos, la media del grupo mesofacial disminuye a  $0,173 \pm 0,301$ . Gráficamente (diagrama 5.7):



**Diagrama 5.7. Distancia con signo (mm) según Patrón**

p-valor	
Patrón	0,525

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.17. Distancia con signo media según Patrón facial:**

**resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría no depende del patrón facial del individuo.



	Meso	Braqui
Meso		
Braqui	0,881	
Dolico	1,000	1,000

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.18. Distancia con signo media según Patrón facial:  
resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

Sin diferencias entre ningún par específico de tipos de patrón.

**Efecto Patrón sobre componentes de la distancia con signo**

La tabla 5.19 describe las componentes del vector distancia en los diferentes grupos de patrón facial. Los resultados del modelo ANOVA indican que ni para la

dirección X ( $p=0,996$ ), ni la Y ( $p=0,642$ ), ni la Z ( $p=0,137$ ) existen diferencias significativas en la distancia con signo media.

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
PointToPointAlongX	N	60	17	26	17
	Media	.038	-.014	.056	.061
	Desviación típica	.278	.362	.262	.204
	Mínimo	-1.100	-1.100	-.524	-.264
	Máximo	.702	.494	.702	.568
	Mediana	.038	.056	.036	.025
PointToPointAlongY	N	60	17	26	17
	Media	.061	.030	.056	.100
	Desviación típica	.191	.292	.128	.144
	Mínimo	-.835	-.835	-.232	-.060
	Máximo	.647	.647	.354	.378
	Mediana	.050	.050	.041	.046
PointToPointAlongZ	N	60	17	26	17
	Media	-.081	-.114	-.095	-.027
	Desviación típica	.133	.133	.148	.096
	Mínimo	-.406	-.337	-.406	-.202
	Máximo	.263	.173	.263	.220
	Mediana	-.077	-.107	-.115	-.025

**Tabla 5.19. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según**

**Patrón**

<b>Efecto Clase-Patrón sobre la distancia con signo</b>
---

Se describen los parámetros de distancia segmentando por el patrón facial y la clase simultáneamente. Se realiza para descartar que aun con los resultados anteriores, existe la posibilidad de que alguna combinación concreta pudiera asociarse con el nivel de asimetría, obteniendo la tabla 5.20:

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	4	6	7	11	7	8	5	7	5
<b>Media</b>	-.025	.179	.499	.068	.099	.027	.374	.007	.108
<b>Desviación típica</b>	.111	.252	.634	.263	.505	.240	.429	.344	.144
<b>Mínimo</b>	-.176	-.136	-.135	-.356	-.337	-.294	-.142	-.445	-.072
<b>Máximo</b>	.091	.522	1.694	.434	.858	.378	.829	.568	.307
<b>Mediana</b>	-.008	.228	.408	.143	-.170	.010	.231	.056	.077

**Tabla 5.20. Signed distance (mm) según Patrón y**

**Clase**

Un modelo ANOVA de 2 vías se estima para valorar el efecto conjunto de ambos factores:

Destacar que el paciente ID=11 está en el grupo mesofacial + clase III y se excluirá de las estimaciones siguientes por ser un caso extremo.

	<b>p-valor</b>
<b>Clase</b>	0,874
<b>Patrón</b>	0,562
<b>Clase x Patrón</b>	0,209

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.21. Distancia con signo media según Clase esquelética y Patrón facial: resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría no depende de la clase esquelética, ni del patrón facial, ni de la interacción entre ambos.

El grado de asimetría evaluado a través de la distancia con signo es positivo y significativamente no nulo. En la dirección Y es más evidente que la hemimandíbula izquierda sobrepasa los límites de la derecha (en la X misma tendencia pero poco relevante), mientras en la Z sucede lo contrario.

No se encuentran diferencias significativas en la cantidad de asimetría direccional según la clase esquelética o el patrón facial del individuo.

---

### 5.3.4. Análisis de la distancia absoluta a nivel de paciente

Se atiende ahora a la magnitud absoluta de la asimetría.

#### Distancia absoluta

N	60
Media	1.018
Desviación típica	0.290
IC95% media	0.943 – 1.093
Mínimo	0.554
Máximo	2.287
Mediana	0.951

**Tabla 5.22. Absolute distance (mm)**

Notar que la distancia absoluta media es  $1,018 \pm 0,290$  mm.

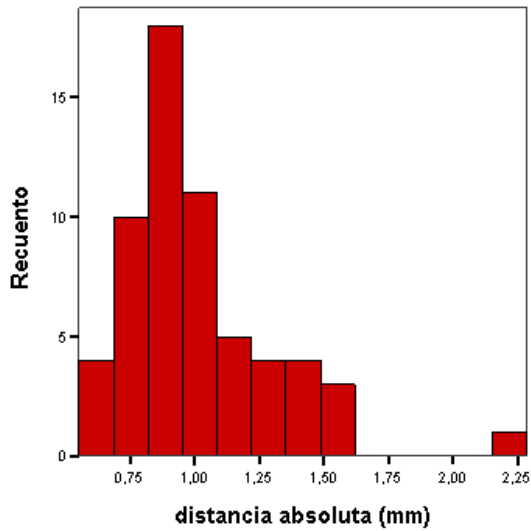
El valor de la media es prácticamente idéntico al obtenido en el apartado 5.3.2 a nivel de punto. La diferencia, igual que para la distancia con signo, se debe a que ésta no es una media ponderada por el número de puntos registrados en cada sujeto.

El intervalo de confianza al 95% para la media es (0,943-1,093), que excluye al 0 y supone admitir una distancia absoluta significativamente no nula ( $p < 0,001$ , t-test). Puede afirmarse que existe asimetría significativamente no nula.

El histograma 5.5 muestra de nuevo cómo el paciente nº 11 presenta un valor de su distancia absoluta muy alejado del resto.

De nuevo, el test de Kolmogorov alerta de una distribución no normal ( $p = 0,003$ ). El tamaño de la muestra ( $n = 60$ ) da fiabilidad al resultado del t-test. No obstante, si se elimina este paciente, la media cae a  $0,996 \pm 0,240$  (leve

variación) y el test t continúa concluyendo alejamiento de 0 mm ( $p < 0,001$ ).



***Histograma 5.5***



<b>Componentes de la distancia absoluta</b>
---

La tabla 5.23 describe las componentes del vector distancia a lo largo de los 3 ejes:

	N	Media	Desviación típica	IC 95% media	Mínimo	Máximo	Mediana
PPX_ABS	60	0.631	0.205	0.578 – 0.684	0.337	1.611	0.580
PPY_ABS	60	0.486	0.147	0.448 – 0.524	0.296	1.112	0.456
PPZ_ABS	60	0.381	0.104	0.354 – 0.407	0.197	0.659	0.355

**Tabla 5.23. Vector distancia absoluta en eje x, y, z**

**(mm)**

En los 3 ejes la discrepancia absoluta entre hemiarquadas ha de aceptarse como no nula ( $p < 0,001$ , test t).

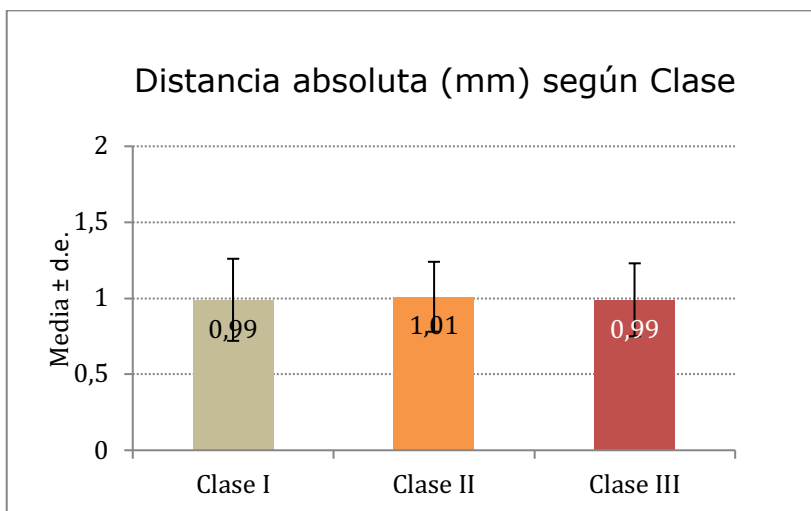
<b>Efecto Clase sobre la distancia absoluta</b>
---

La tabla 5.24 muestra que las distancias medias dentro de cualquier clase se sitúan en torno a 1mm. Incluso excluyendo el paciente nº 11 (extremo), la homogeneidad es patente (obsérvense por ejemplo las medianas):

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	60	20	20	20
<b>Media</b>	1.018	.989	1.006	1.057
<b>Desviación típica</b>	.290	.265	.225	.372
<b>Mínimo</b>	.554	.554	.726	.636
<b>Máximo</b>	2.287	1.509	1.595	2.287
<b>Mediana</b>	.951	.952	.969	.919

**Tabla 5.24. Absolute distance (mm) según Clase**

La eliminación momentánea del paciente nº11 (diagrama 5.8) reduce la media de la clase esquelética III a  $0,993 \pm 0,239$ :



**Diagrama 5.8. Distancia absoluta (mm) según Clase**

p-valor	
Clase	0,973

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.25. Distancia absoluta media según Clase esquelética:  
resultados test F del modelo lineal general ANOVA**

El grado medio de asimetría no depende de la clase esquelética del individuo.

	Clase I	Clase II
Clase I		
Clase II	1,000	
Clase III	1,000	1,000

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.26. Distancia absoluta media según Clase esquelética:  
resultados comparaciones múltiples de Bonferroni**

La homogeneidad es completa.

### Efecto Clase sobre componentes de la distancia absoluta

La tabla 5.27 describe las componentes del vector distancia en los diferentes grupos de clase esquelética. Los resultados del modelo ANOVA indican que ni para la dirección X ( $p=0,981$ ), ni la Y ( $p=0,865$ ), ni la Z ( $p=0,980$ ) existen diferencias significativas en la distancia absoluta media.

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
PPX_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.631	.609	.614	.669
	Desviación típica	.205	.184	.155	.264
	Mínimo	.337	.337	.419	.394
	Máximo	1.611	1.018	1.019	1.611
	Mediana	.580	.576	.609	.591
PPY_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.486	.479	.486	.494
	Desviación típica	.147	.137	.101	.194
	Mínimo	.296	.296	.349	.328
	Máximo	1.112	.900	.705	1.112
	Mediana	.456	.456	.487	.446
PPZ_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.381	.369	.386	.387
	Desviación típica	.104	.093	.103	.118
	Mínimo	.197	.197	.258	.232
	Máximo	.659	.546	.659	.634
	Mediana	.355	.355	.363	.347

**Tabla 5.27. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Clase**

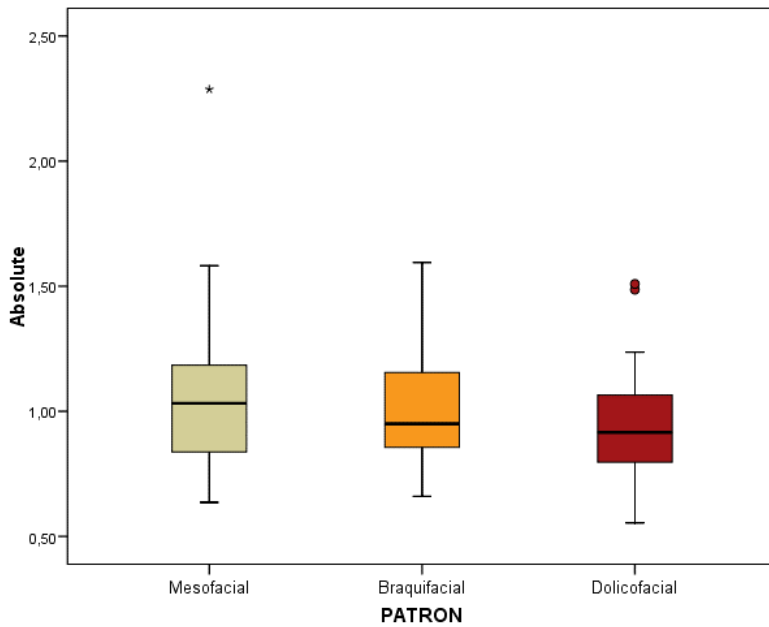
<b>Efecto Patrón sobre la distancia absoluta</b>
--

La tabla 5.28 describe la muestra segmentando por el patrón facial.

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	60	17	26	17
<b>Media</b>	1.018	1.087	1.008	.963
<b>Desviación típica</b>	.290	.402	.222	.252
<b>Mínimo</b>	.554	.636	.660	.554
<b>Máximo</b>	2.287	2.287	1.595	1.509
<b>Mediana</b>	.951	1.032	.951	.916

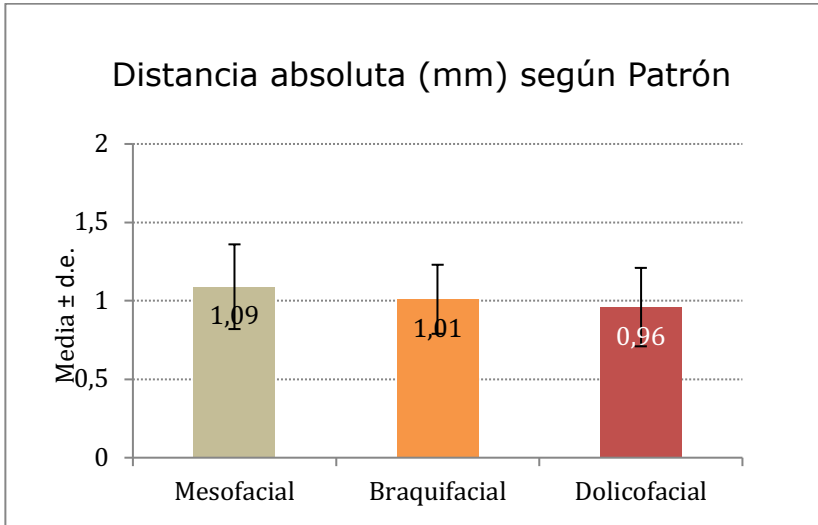
**Tabla 5.28. Absolute distance (mm) según Patrón**

El paciente nº11 presenta un patrón de tipo mesofacial y así se detecta en el diagrama 5.9 como un caso extremo.



**Diagrama 5.9**

Si se prescinde de él para el cálculo de los descriptivos, la media del grupo mesofacial disminuye a  $1,012 \pm 0,266$ . Gráficamente (diagrama 5.10):



**Diagrama 5.10. Distancia absoluta (mm) según Patrón**

p-valor	
Patrón	0,796

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.29. Distancia absoluta media según Patrón facial:**

**resultados test F del modelo lineal general ANOVA**



El grado medio de asimetría no depende del patrón facial del individuo.

	Meso	Braqui
Meso		
Braqui	0,881	
Dolico	1,000	1,000

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

**Tabla 5.30. Distancia absoluta media según Patrón facial:  
resultados comparaciones múltiples de Bonferroni**

Sin diferencias entre ningún par específico de tipos de patrón.

### Efecto Patrón sobre componentes de la distancia absoluta

La tabla 5.31 describe las componentes del vector distancia en los diferentes grupos de patrón facial. Los resultados del modelo ANOVA indican que ni para la dirección X ( $p=0,766$ ), ni la Y ( $p=0,945$ ), ni la Z ( $p=0,332$ ) existen diferencias significativas en la distancia absoluta media.

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
PPX_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.631	.671	.630	.593
	Desviación típica	.205	.288	.157	.172
	Mínimo	.337	.394	.383	.337
	Máximo	1.611	1.611	1.019	1.018
	Mediana	.580	.621	.598	.554
PPY_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.486	.516	.470	.482
	Desviación típica	.147	.205	.093	.150
	Mínimo	.296	.322	.333	.296
	Máximo	1.112	1.112	.705	.900
	Mediana	.456	.487	.450	.462
PPZ_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.381	.408	.385	.346
	Desviación típica	.104	.131	.097	.076
	Mínimo	.197	.232	.270	.197
	Máximo	.659	.634	.659	.488
	Mediana	.355	.390	.351	.343

**Tabla 5.31. Vector distancia absoluta en eje x, y, z  
(mm) según Patrón**

Como sucedía para la distancia con signo medio, el p-valor de la dirección Z es el más bajo, sugiriendo que, aun aceptando homogeneidad, ésta es menos contundente en la dirección 'vertical'.

<b>Efecto Clase-Patrón sobre la distancia absoluta</b>
--

Se describen los parámetros de distancia segmentando por el patrón facial y la clase simultáneamente.

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
Media	.892	.982	1.290	.993	1.114	.936	1.060	.919	.926
Desviación típica	.160	.213	.544	.217	.288	.139	.424	.131	.180
Mínimo	.674	.726	.636	.660	.810	.808	.554	.755	.782
Máximo	1.044	1.248	2.287	1.411	1.595	1.235	1.509	1.079	1.236
Mediana	.925	.979	1.138	.953	1.068	.911	.952	.950	.867

**Tabla 5.32. Absolute distance (mm) según Patrón y Clase**

	<b>p-valor</b>
<b>Clase</b>	0,958
<b>Patrón</b>	0,838
<b>Clase x Patrón</b>	0,263

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

***Tabla 5.33. Distancia absoluta media según Clase esquelética y Patrón facial: resultados test F del modelo lineal general ANOVA***

No se aprecian diferencias significativas.

El grado de asimetría evaluado a través de la distancia absoluta es significativamente no nulo. En las 3 direcciones puede hablarse de no simetría perfecta (hay que valorar las magnitudes en el rango 0.38-0.63 mm).

No se encuentran diferencias significativas en la cantidad de asimetría absoluta según la clase esquelética o el patrón facial del individuo.

---

En el **Anexo 6** se presentan todas las tablas complementarias que no están incluidas en este apartado.

## **6. DISCUSIÓN.**





Encontrar una relación entre la asimetría mandibular y las maloclusiones en general o entre la asimetría mandibular y la mordida cruzada ha sido uno de los objetivos de múltiples estudios. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se centraron principalmente en la evidencia radiológica en 2D. Estas radiografías pueden ser erróneas, pues las estructuras se proyectan sobre superficies planas, creando errores de distorsión. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la asimetría mandibular en pacientes de ortodoncia mediante el uso de imágenes 3D derivadas del Cone Beam Computed Tomography (CBCT).

En la Facultad de Odontología de la Universidad de Michigan (USA) existe un laboratorio a cargo de la Dra. Lucía Cevitanes donde trabajan para integrar y compartir la metodología cuantitativa de imágenes en Odontología, apoyando la toma de decisiones específicas del paciente y la evaluación de la progresión de la enfermedad a través

del registro de imágenes en serie. Actualmente están desarrollando algoritmos computacionales que amplían las capacidades de las tecnologías de código abierto con el software 3DSlicer. Investigan para el desarrollo de dichas tecnologías de código abierto, las cuales permiten compartir y reutilizar datos, y realizar un análisis de imagen de conjuntos de datos dentales y craneofaciales. Sus objetivos a largo plazo son ayudar al proceso de decisión de los procedimientos de tratamiento, permitir la traducción de los desarrollos científicos básicos en el campo clínico con soluciones eficientes de ingeniería, y capacitar tanto a jóvenes especialistas en imágenes clínicas como experimentados investigadores clínicos sobre las nuevas herramientas y técnicas.

La idea de realizar este estudio ha sido poder reproducir un método que ayude al diagnóstico y tratamiento de las asimetrías mandibulares por tratarse de un problema en la

consulta de ortodoncia que puede afectar en gran medida al resultado final de los tratamientos y que muchas veces pasa desapercibido por la dificultad de su detección.

El protocolo utilizado en nuestro trabajo ha seguido las pautas de los trabajos publicados por estos autores (Alhadidi (2012), Cevidanez y cols. (2006, 2009, 2011).

Estos protocolos realizan superposiciones totalmente automatizadas con los softwares ITK-Snap y 3DSlicer para eliminar los posibles errores dependientes del observador.

### **6.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Se clasificaron los CBCT según la clase esquelética utilizando el Wits Appraisal y el patrón facial usando la angulación del plano mandibular. Tanto el Wits Appraisal como el plano mandibular, son medidas perfectamente válidas para este fin (Han y Kim, 1998 y Ahmed y cols., 2016). Todos los estudios consultados en la literatura

utilizaron el ángulo ANB de la cefalometría de Steiner para clasificar sus muestras según su clase esquelética (Celik y cols., 2016, Fuentes y cols., 2006, Halicioglu y cols., 2014, Nakawaki y cols., 2016, Sievers y cols., 2012) por lo que los resultados pueden diferir en este aspecto de los nuestros ya que el ANB y el Wits Appraisal no clasifican los pacientes de la misma manera.

El porcentaje de CBCT según la clase esquelética fue similar tratándose de una muestra homogénea en este sentido. Por otro lado, el porcentaje de CBCT correspondientes a pacientes con patrón dólicofacial y mesofacial fue similar siendo ligeramente mayor el porcentaje de CBCT correspondientes a pacientes con patrón braquifacial.

## **6.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

En primer lugar, se debe resaltar que todos los CBCT se había realizado con fines diagnósticos para su tratamiento

de ortodoncia y no para este estudio.

Dentro de los criterios de inclusión tuvimos en cuenta que los CBCT fueran de buena calidad y que todos estuviesen tomados con el mismo aparato radiológico para eliminar errores con estas variables (De Oliveira (2009), Ruellas (2016)). Dentro de estas variables podemos encontrar el tamaño de vóxel, el tipo de detector de imagen, el tiempo de exploración, el tiempo de reconstrucción, la dosis de radiación y la posición de la cabeza, mencionadas como variables que podrían afectar las mediciones lineales de CBCT.

En el presente estudio, al haber utilizado un único aparato de CBCT y haber orientado adecuadamente la cabeza del paciente siguiendo el método reproducible que empleó Ruellas en 2016, hemos eliminado estas variables.

Por otro lado, los CBCT tenían que incluir todas las estructuras necesarias para poder realizar la superposición sobre la base del cráneo, incluyendo los

puntos Basion, Porion, Glabella y Menton como puntos cefalométricos.

La edad mínima de los pacientes seleccionados fue de 15 años. A esta edad, las estructuras de la base craneal, las cuales han sido utilizadas para la superposición de las hemimandíbulas, permanecen estables ya que su formación se completa a los 7 años de edad (Ford, 1958).

Por otro lado, todos los pacientes debían presentar dentición permanente desde el primer molar de un lado al lado contrario en la arcada inferior debido a que se ha descrito una relación entre la ausencia del primer molar inferior y la asimetría vertical mandibular (Halicioglu y cols. 2014).

El último criterio de inclusión fue que los pacientes no hubiesen recibido tratamiento de ortodoncia previo a la realización del CBCT, pues también puede afectar la incidencia de asimetrías mandibulares ya que podrían haber sido corregidas previamente mediante tratamiento

ortodóncico.

### **6.3. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Dentro de los criterios de exclusión descartamos aquellos pacientes que pudieran presentar alguna anomalía dentaria (dientes supernumerarios ó agenesias) que conllevara un mayor porcentaje de asimetría.

Paralelamente, los pacientes no debían presentar caries avanzadas ó múltiples, que pudieran ocasionar asimetrías dentarias, lo que puede derivar a largo plazo en la aparición de una asimetría mandibular (Bishara, 1994).

### **6.4. ERROR INTRA E INTEROBSERVADOR**

El estudio del error se realizó a nivel de paciente (ya que sucesivas parametrizaciones no permiten conectar y comparar puntos individuales de diferentes sesiones de medición). La distancia media con signo a nivel de

paciente será la variable primaria sobre la que desarrollar el análisis.

Con un coeficiente de correlación intra-clase (CCI) a nivel de intra-observador de 0,89 y de 0,76 a nivel inter-observador, puede aceptarse un elevado grado de concordancia entre las mediciones realizadas por la misma operadora y también notablemente alto si se compara al de un segundo examinador independiente.

### **6.5. IDENTIFICACION EN 3D**

Es pertinente destacar, que el uso de imágenes de CBCT implican una mayor precisión, pero a su vez un mayor tiempo de trabajo por parte del clínico para su capacitación y familiarización con la misma, aunque esto se verá compensado con la obtención de resultados. La necesidad de ubicar la imagen en los diferentes planos en los que se presenta, implica una labor mayor, que puede requerir mayor tiempo de trabajo, al comenzar con el uso



de este tipo de recursos, aunque con la práctica, el tiempo de trabajo puede inclusive reducirse a la mitad.

Al centrarnos en la utilización de registros en 3D, existen dificultades y ventajas únicas asociadas con la identificación de puntos de referencia craneométricos en este tipo de imágenes. Algunos puntos de referencia se pueden identificar fácilmente en uno o dos planos del espacio, pero la identificación en el tercer plano del espacio puede ser difícil (Zamora y cols., 2012).

Ludlow y cols. (2009) evaluaron la precisión en la identificación de puntos de referencia entre CBCTs y telerradiografías laterales convencionales. Estos investigadores observaron que la localización de los puntos de referencia era más precisa en las vistas MPR de los CBCTs que en las radiografías convencionales, de forma similar que en el estudio de Zamora y cols. (2012).

En este sentido, la herramienta denominada “Landmark

registration”, del software 3DSlicer, permite localizar los puntos deseados, con una visualización simultánea en los tres planos del espacio, y crea una matriz que realiza la superposición automáticamente.

Con respecto al protocolo utilizado, se debe saber que previamente a la localización de los puntos de referencia, se debe obtener un nuevo archivo con el CBCT denominado T2 que es la imagen en espejo orientada adecuadamente con respecto a T1. Este nuevo archivo se obtiene utilizando el software ITK-Snap, como se realizó en el estudio de Alhadidi y cols. (2012). Cada CBCT fue reflejado en un plano sagital arbitrario. La duplicación se realiza al convertir arbitrariamente la orientación de la imagen de (derecha-izquierda, antero-posterior e inferior-superior) a (izquierda-derecha, antero-posterior e inferior-superior).

Una vez que tenemos los dos archivos T1 (imagen inicial) y T2 (imagen en espejo) se debe realizar la localización

de los puntos de referencia, para después realizar la superposición sobre la base del cráneo.

En este caso, utilizamos los puntos Nasion (Na), Espina Nasal Anterior (ANS) y Basion (Ba), localizados en los tres planos del espacio. Creamos el plano sagital medio de cada paciente a partir de estos puntos fácilmente identificables y estables, igual que en el estudio de Cevitanes y cols. (2012). En su estudio, el plano mediosagital se identificó 5 veces en 22 pacientes seleccionados al azar, y las diferencias en la cuantificación de la asimetría no fueron estadísticamente significativas, lo que sirvió como una medida de la reproducibilidad de la identificación del plano medio sagital.

En el artículo de Trpkova y cols. (2003) concluyeron que todas las líneas horizontales que conectan puntos de referencia craneales bilaterales pueden servir adecuadamente como líneas de referencia en el análisis

de la asimetría frontal, siendo el error de identificación histórico aceptable. Además, las líneas verticales de referencia deben ser perpendiculares a las líneas horizontales que conectan las marcas craneales bilaterales. En la construcción de la línea vertical se puede utilizar cualquier marca craneal bilateral comúnmente utilizada, siendo el error de identificación de referencia mínimo. En el artículo de Shin y cols. (2016) determinaron que el mejor plano medio-sagital pasaba por Nasion, Espinal Nasal Anterior y Espina Nasal Posterior, pero al ser más difícil de identificar sobre un modelo en 3D, nosotros decidimos utilizar el plano medio sagital que pasaba por Nasion, ENA y el punto medio entre los puntos más internos de la sutura frontocigomática, en el margen externo de los rebordes orbitarios derecho e izquierdo.

Siguiendo pues la reproducibilidad del método, el plano medio sagital se definió como el plano que pasa por esos

tres puntos de referencia y el plano resultante se usó para crear imágenes en espejo para ambas mitades de la mandíbula, creando hemimandíbulas derecha e izquierda. Para simplificar el proceso, en todos los casos, se realizaron las medidas con la hemimandíbula derecha y su contralateral, pues según estudios previos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se cuantifican las asimetrías en el lado derecho o izquierdo del paciente, lo que demuestra la consistencia del método (Alhadidi, 2012).

Además de presentar otras ventajas, la forma automatizada de superposición de la base craneal, evita errores asociados a la identificación de los puntos de referencia o la determinación del contorno estructural por el operador, representando un control de sesgo significativo desde un enfoque científico.

Con respecto a los errores derivados de la segmentación de las imágenes, como explicamos en el apartado de

Material y Métodos, los métodos de registro voxel-based (VSB) optimizan una medición funcional de la semejanza de todos los pares de vóxeles que corresponden geoméricamente a alguna característica. La principal ventaja este método es que el cálculo de la característica es directo o incluso ausente cuando se utilizan sólo valores de gris, de tal manera que la precisión de estos métodos no está limitada por errores de segmentación como en los métodos basados en superficie (Maes, 1997). Una vez obtenidas las segmentaciones de la imagen inicial y la imagen en espejo y la superposición automática de ambas según la base del cráneo, se pudo obtener los modelos de superficie en 3D. Al tratarse de un proceso también automático se eliminan los posibles errores de tipo humano.

De la misma forma que para la superposición de la base del cráneo, para la obtención de las hemimandíbulas hemos utilizado el plano medio sagital, formado en este

caso por Espina Nasal Anterior, Nasion y el punto medio entre los puntos más internos de la sutura frontocigomática, en el margen externo de los rebordes orbitarios derecho e izquierdo (puntos utilizados en la cefalometría frontal de Ricketts y Grummons (2003)) por ser estables y fácilmente identificables en el modelo.

Los mapas de color permiten cuantificar el grado de cambios entre los dos modelos mediante la aplicación de diferentes colores sobre las superficies que presentan las variaciones, en aquellos rangos que previamente hemos elegido.

## **6.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **6.6.1. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de punto**

En general, para todos los análisis sobre bases de datos de puntos, debido al tamaño muestral es muy fácil hallar

diferencias estadísticamente significativas, incluso aunque éstas estén muy por debajo de la relevancia clínica.

El grado de asimetría encontrado en nuestro estudio a través de la distancia con signo es positivo y significativamente no nulo, pero es difícil de justificar una distancia media de +0,142mm como clínicamente relevante.

Las diferencias en milímetros punto a punto sugieren que la hemimandíbula izquierda tiende a contener a la derecha, principalmente en las direcciones x e y (las perpendiculares a los planos sagital y axial).

Al analizar y dividir cada hemimandíbula en las áreas cóndilo, rama y cuerpo, hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la cantidad de asimetría. La región anatómica del cóndilo exhibe un grado de asimetría más importante que la rama y ésta a su vez que el cuerpo.



Comparando nuestros resultados con los hallados en el estudio de Sezgin y cols. (2007) donde se evaluó la relación entre el índice de asimetría mandibular en cóndilo y rama, y su dependencia con la clase esquelética del paciente, aunque las mediciones del índice de asimetría condilar se vieron afectadas por el tipo de oclusión, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para la rama y los índices de asimetría del cóndilo más rama. En otras palabras, la altura condilar se vio afectada significativamente por el tipo de oclusión, mientras que no se observaron diferencias significativas para la altura de la rama entre los tipos de oclusión. En su caso, evaluaron las ortopantomografías de 163 pacientes y no modelos en 3D como en nuestro caso, pero sí utilizaron la misma técnica de Habets que en nuestro trabajo para delimitar los límites de cóndilo, rama y cuerpo.

Independientemente de la clase esquelética del paciente, obtenemos una asimetría en la zona del cóndilo superior a la de la rama y ésta, a su vez, a la del cuerpo.

Miller y cols. (1998) declararon que la asimetría condilar estaba relacionada con las fuerzas fuertes que afectan a las superficies articulares de la articulación temporomandibular (ATM). Tal vez un mecanismo de compensación muscular podría ser responsable de la altura de la rama más simétrica encontrada en ambos lados de los sujetos con maloclusiones tanto en estos estudios como en el nuestro, y que además la simetría del cuerpo también sea mayor a la de la rama.

Liukkonen y cols. (2005) investigaron la asimetría mandibular y encontraron una diferencia estadísticamente significativa entre los lados derecho e izquierdo en la altura condilar a los 7 años y en la altura de la rama en ambas edades.

De forma similar, en el caso de You y cols. (2010), tanto

los cóndilos como el cuerpo mandibular parecían contribuir a la asimetría mandibular, con un papel más central de la unidad condilar. El grupo con asimetría presentaba diferencias estadísticamente significativas en la longitud y anchura del cóndilo, altura de la rama, en la longitud del cuerpo mandibular y el volumen total hemimandibular.

En el estudio de Sezgin y cols. (2007) determinaron que las maloclusiones tienen un efecto marcado en la altura condilar en comparación con la altura de la rama. La altura condilar se vio afectada significativamente por el tipo de oclusión, mientras que no se observaron diferencias significativas para la altura de la rama entre los tipos de oclusión.

Por lo tanto, podemos decir que es necesario evaluar cuidadosamente estas unidades esqueléticas por separado al planificar una estrategia de tratamiento para la correcta corrección de la asimetría mandibular.

### **6.6.2. Análisis de la distancia absoluta a nivel de punto**

Como explicamos en los resultados, en el caso de querer centrar nuestra atención en la magnitud de las discrepancias en la superposición, sin atender a la dirección de la misma, se tiene que estudiar el módulo de la distancia con signo o, lo que es igual, la distancia absoluta.

El grado de asimetría encontrado en nuestro estudio a través de la distancia absoluta también es significativamente no nulo, pero sigue siendo difícil de justificar una distancia media de +1,022mm como clínicamente relevante.

Importante tener en cuenta, que ni siquiera en la literatura existe un consenso a la hora de establecer qué se considera asimetría y qué no. Dependiendo de los autores consideran asimetría mandibular a partir de 2mm de

desviación del mentón (Severt y Proffit, 1997, Cevidanes y cols., 2011, AlHadidi y cols., 2012).

En el estudio de Haraguchi (2002), consideraron asimetría mandibular clara cuando el punto Me (mentón óseo) presentaba una desviación de 4 o más milímetros con respecto al plano medio, pues se observaba también desviación de tejidos blandos, y las desviaciones menores se consideraron como simetría (pues en general pasaban desapercibidas). Sanders y cols. (2014) observaron pequeñas asimetrías, menores de 1mm en todos los pacientes de su estudio, pero tampoco las consideran clínicamente relevantes. Del mismo modo, en nuestro estudio hemos encontrado asimetrías entre ambos lados, pero que clínicamente no son estadísticamente significativas, pues se trata de diferencias en torno a 1 mm.

Al igual que en el apartado 6.6.1. donde analizamos la distancia con signo a nivel de punto, al evaluar la

distancia absoluta, la asimetría en la zona del cóndilo es superior a la de la rama y ésta, a su vez, a la del cuerpo.

### **6.5.3. Análisis de la distancia (con signo) a nivel de paciente**

Tras la obtención de los resultados mediante el análisis estadístico, hemos concluido que la asimetría mandibular no depende de la clase esquelética ni del patrón facial del paciente. Tampoco es decisivo cuando se cruzan ambos parámetros y se calcula la incidencia de dicha asimetría.

Vemos que el grado de asimetría evaluado a través de la distancia con signo es positivo y significativamente no nulo, en este caso con una distancia media de +0,143mm, planteándonos de nuevo si puede resultar clínicamente relevante.

No se encuentran, por lo tanto, diferencias significativas en la cantidad de asimetría direccional según la clase esquelética o el patrón facial del individuo.

La utilización de CBCT nos permite localizar pequeñas discrepancias que pueden pasar desapercibidas utilizando otras técnicas, como en el estudio de Sanders (2014) sobre CBCT de pacientes definidos como simétricos según exámenes clínicos y radiográficos (con Clase I esquelética), se observa que, aunque mínima, existe presencia de asimetría en pacientes que de otra manera se considerarían simétricos (con imágenes 2D y fotografías).

#### **6.6.4. Análisis de la distancia absoluta a nivel de paciente**

El grado de asimetría evaluado a través de la distancia absoluta es significativamente no nulo, quedando por determinar si una distancia media de +1,018mm resultaría clínicamente relevante.

En las 3 direcciones se puede hablar de no simetría perfecta.

No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de asimetría absoluta según la clase esquelética o el patrón facial del individuo.

A diferencia de nuestro trabajo, hay muchos artículos en la literatura que plantean una relación entre la maloclusión del paciente y la asimetría esquelética facial y craneal. Una relación frecuentemente citada en la literatura es el paciente de Clase II subdivisión (derecha o izquierda).

Janson y cols. (2007) encontraron que un paciente con subdivisión de Clase II tiene la línea media maxilar centrada con respecto a la cara y la línea media mandibular hacia el lado de Clase II en un 61%, la línea media mandibular centrada con la cara y la línea media superior desviada en un 18%, y una combinación de ambas está presente el 20% del tiempo. En este caso, es posible que los pacientes presenten una asimetría de arcos y no una asimetría ósea propiamente dicha por el tipo de maloclusión del que estamos hablando, donde las



causas de esta asimetría podrían ser pérdida prematura de dientes, etc.

A pesar de utilizar imágenes en 2D donde las asimetrías se pueden subestimar, en el estudio de Meloti y cols. (2014) evaluaron los índices de asimetría dental y esquelética de pacientes de clase II subdivisión en comparación con pacientes de clase I y clase II. En los resultados observaron menos índice de asimetría dental y esquelética en los pacientes de clase II y mayor asimetría esquelética en los de clase I. Con respecto a los pacientes de clase II subdivisión, como es de esperar, la asimetría dental era mayor que en pacientes de clase I y clase II.

Centrándonos únicamente en asimetrías óseas verdaderas que son las que nosotros hemos tenido en cuenta, en el estudio de Severt y cols. (1997), con una muestra de 1460 casos de pacientes tratados en la University of North Carolina mediante cirugía ortognática,

encontraron desviación del mentón con respecto a la línea media de al menos 2 mm en pacientes de Clase III.

En el estudio de Sezgin y cols. (2007) la altura condilar se vio afectada significativamente por el tipo de oclusión, mientras que no se observaron diferencias significativas para la altura de la rama entre los tipos de oclusión. Los casos de maloclusión de clase II/1 parecen estar más relacionados con las asimetrías condilares. El grupo de clase II/1 tenía valores de asimetría condilar significativamente más altos que los grupos control CI II/2, CI III y de oclusión normal.

Sievers y cols. (2012) realizaron un estudio donde obviando los problemas de magnificación, inherentes a la realización de estos estudios en radiografías en 2D, gracias a la utilización de CBCTs, siguieron los índices de asimetría definidos por Katsumata y cols. (2005). En su estudio, utilizaron las puntuaciones medias del índice de

asimetría y las desviaciones estándar para establecer rangos de simetría, asimetría y asimetría marcada para un punto de referencia particular. En él determinan un punto de referencia como marcadamente asimétrico si su puntaje de índice de asimetría era el doble del nivel de referencia para la asimetría.

Los resultados de este estudio no apoyaron una relación entre el Wits Appraisal y la asimetría esquelética mayor que en los pacientes de Clase I, luego su hipótesis fue descartada.

Los resultados de nuestro estudio también descartan la hipótesis de que la clase esquelética y el patrón facial del paciente pueden ser factores determinantes para la presentación de asimetría mandibular. Es posible que las diferencias con otros estudios donde sí han encontrado una relación directa entre clase esquelética y asimetría mandibular se debe a la muestra empleada. En nuestro

estudio hemos usado CBCT de pacientes tratados en el Máster de Ortodoncia de la Universidad de Valencia, escogidos de forma aleatoria y no por presentar asimetrías mandibulares apreciables a nivel clínico (2 mm o más de desviación del Mentón según los estudios encontrados (Cevidane, 2011; Severt, 1997; You, 2010)). Obteniendo resultados similares a los nuestros, en el estudio de Porto y cols. (2014), evalúan la asimetría maxilar, mandibular y de la articulación temporomandibular de pacientes de clase I mediante el uso de CBCT, y determinan que los pacientes de clase I evaluados son simétricos pero muestran medidas cefalométricas diferentes entre los lados derecho e izquierdo. Queda por determinar si estas diferencias se pueden considerar como asimetrías a nivel clínico. Resultaría interesante realizar más estudios con pacientes con asimetrías claras a nivel clínico y evaluar si en estos

casos hay predominio de una case esquelética o un patrón facial en concreto con respecto a otros.

Tras obtener los resultados de nuestro trabajo, la tendencia a la asimetría es mayor si se evalúa en la dirección del eje x (o corte entre planos coronal y axial) o el eje y (corte planos coronal y sagital). En términos de dirección de la asimetría, en los ejes anteriores la mandíbula izquierda tiende a contener a la derecha; pero en el eje z (corte planos sagital y axial) sucede lo contrario.

Resulta por ello indispensable la correcta orientación del CBCT en los tres planos para descartar que pueda convertirse en una fuente de error (la utilización de una vista de representación volumétrica en conjunción con vistas multiplanares minimiza el grado de error). Por ello, en el método que nosotros hemos seguido hemos tenido este problema en cuenta.

Otro problema lo encontramos a la hora de determinar la localización de la asimetría mandibular, pues no siempre está claro cuál es el lado asimétrico. A pesar de que nuestros resultados muestran que la hemimandíbula izquierda envuelve a la derecha, lo que determina su mayor tamaño, es difícil definir qué lado se debe considerar como el adecuado y cuál se debe tratar. En tales casos, las técnicas de espejo (como las empleadas en nuestro protocolo) permitirán al clínico comparar resultados simulados con dichas imágenes en espejo para ambos lados y poder elegir y planificar qué lado modificar en el momento de la cirugía. El trabajo de Cevidanes y cols. (2011) demostró que este método es válido, igual que en nuestro caso, pudiendo detectarse una asimetría con un grado de confianza mayor del 95% independientemente del plano utilizado para la realización de la imagen en espejo (aunque tanto ellos como nosotros hemos usado el plano sagital medio) y también de si se

toma como referencia tanto el lado derecho como el izquierdo. El estudio de Cheong y cols. (2011) también utiliza técnicas en espejo para la evaluación y manejo del tratamiento de la asimetría mandibular.

Sanders y cols., en su estudio del año 2014, encontraron predominancia moderada del lado derecho sobre una deficiencia en el izquierdo en las regiones artícuo-temporal y condilar. La fosa glenoidea estaba desplazada lateralmente y era superior en relación con el eje axial, en el lado derecho comparada con el izquierdo. Los puntos condilares también estaban desplazados lateralmente y la rama derecha era más larga tanto en las imágenes 2D como en las 3D. La única medición aumentada en el lado izquierdo era la longitud del arco tanto en maxilar como en mandíbula. Estos resultados fueron consistentes con otros estudios (Haraguchi (2008), Peck (1991)) que mostraron una tendencia hacia la lateralidad del lado derecho, con diferentes grados de significancia. Sin embargo, en

nuestro caso, es la hemimandíbula izquierda la que contiene a la derecha, sobrepasando los límites de ésta.

Según Sanders y cols. (2014), las menores diferencias de expresión génica localizadas o la actividad alterada del factor de crecimiento pudieran dar lugar a pequeñas discrepancias esqueléticas observadas en los pacientes normales en su estudio.

## **6.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

La principal limitación de este estudio fue el tamaño muestral, y aunque suficiente, podría haber sido mayor para encontrar mayores relaciones.

La segunda limitación, fue que las discrepancias derecha-izquierda detectadas en la muestra de nuestros pacientes eran menores, la mayoría, a 1,0mm pudiendo ser algunas de ellas debidas al error metodológico.



## **7. CONCLUSIONES.**



Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

1. No existe relación entre la clase esquelética del paciente y la incidencia de asimetría mandibular.
2. No existe relación entre el patrón facial del paciente y la incidencia de asimetría mandibular.
3. La asimetría mandibular varía dependiendo de la región anatómica de la mandíbula, siendo mayor en el cóndilo, luego en la rama y en menor grado en el cuerpo mandibular, con una diferencia estadísticamente significativa.
4. La tendencia a la asimetría mandibular es mayor si se evalúa en la dirección del eje x (o corte entre planos coronal y axial) o el eje y (corte planos coronal y sagital).

En términos de dirección de la asimetría mandibular, en los ejes anteriores la mandíbula izquierda tiende a contener a la derecha; pero en

el eje z (corte planos sagital y axial) sucede lo contrario.

The conclusions of this study are:

1. There is no relationship between the skeletal class of the patient and the mandibular asymmetry.
2. There is no relationship between the facial pattern of the patient and the mandibular asymmetry.
3. There is a statistical difference between the asymmetry when seeing the anatomical region of the mandible, being greater in the condyle, follow by the ramus and smaller in the corpus.
4. The asymmetry is greater if it is evaluated in the direction of the x axis (or cut between coronal and axial planes) or the y axis (coronal and sagittal plane cut).

In terms of direction of the asymmetry, in the previous axes the left jaw tends to contain to the right; but on the z-axis (cut sagittal and axial planes) the opposite happens.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.



- AlHadidi A, Cevidanes LH, Paniagua B, Cook R, Festy F, Tyndall D. 3D quantification of mandibular asymmetry using the SPHARM-PDM tool box. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2012; 7(2): 265-71.
- Ahmed M, Shaikh A, Fida M. Diagnostic performance of various cephalometric parameters for the assessment of vertical growth pattern. *Dental Press J Orthod.* 2016; 21(4): 41.
- Araujo TM, Wilhelm RS, Almeida MA. Skeletal and dental arch asymmetries in Class II division 1 subdivision malocclusions. *J Clin Pediatr Dent.* 1994; 18(3): 181-5.
- Baek SH, Cho IS, Chang YI, Kim MJ. Skeletodental factors affecting chin point deviation in female patients with Class III mal- occlusion and facial asymmetry: a three-dimensional analysis using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 104: 628-39.



- Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod.* 1994; 64(2): 89–98.
- Björk A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res.* 1963; 42(1): 400-11.
- Burke PH. Stereophotogrammetric measurement of normal facial asymmetry in children. *Hum Biol.* 1971; 43(4): 536–48.
- Celik S, Celikoglu M, Buyuk SK, Sekeci AE. Mandibular vertical asymmetry in adult orthodontic patients with different vertical growth patterns: A cone beam computed tomography study. *Angle Orthod.* 2016; 86(2): 271-7.
- Cevitanes LH, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod*

- Dentofacial Orthop. 2006; 129(5): 611-8.
- Cevidanes LH, Heymann G, Cornelis MA, DeClerck HJ, Tulloch JF. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009; 136(1): 94-9.
  - Cevidanes LH, Alhadidi A, Paniagua B, Styner M, Ludlow J, Mol A, Turvey T, Proffit WR, Rossouw PE. Three-dimensional quantification of mandibular asymmetry through cone-beam computerized tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011; 111(6): 757-70.
  - Cheney EA. Dentofacial asymmetries and their clinical significance. Am J Orthod. 1961; 47: 814-29.
  - Cheong YW, Lo LJ. Facial asymmetry: etiology, evaluation, and management. Chang Gung Med J. 2011; 34(4): 341-51.
  - Chew MT. Spectrum and management of dentofacial

- deformities in a multiethnic Asian population. *Angle Orthod.* 2006; 76: 806-9.
- Damstra J, Oosterkamp BCM, Jansma J, Ren Y. Combined 3- dimensional and mirror-image analysis for the diagnosis of asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140: 886–94.
  - De Oliveira AE, Cevidanes LH, Phillips C, Motta A, Burke B, Tyndall D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107: 256–65.
  - D’Urso P, Barker T, Earwaker W. Stereolithographic biomodelling in craneo-maxillofacial surgery: prospective trial. *J Craniomaxillofac Surg.* 1999; 27: 30-7.
  - El-Beialy AR, Fayed MS, El-Bialy AM, Mostafa YA. Accuracy and reliability of cone-beam computed

- tomography measurements: influence of head orientation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140: 157-65.
- Enlow D. Discussion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117-47.
  - Fuentes R, Silva H, Sandoval P, Cuevas F, Rodríguez M. Altura del proceso condilar en pacientes con diferentes clases esqueléticas que requieren tratamiento de ortodoncia. *Int J Morphol.* 2006; 24(3): 499-503.
  - Ford EHR. Growth of the human cranial base. *Am J Orthod.* 1958; 44: 498-506.
  - Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. The meaning of bilateral asymmetry in the permanent dentition. *Angle Orthod.* 1966; 36: 55-62.
  - Grauer D, Cevitanes LS, Proffit WR. Working with DICOM craniofacial images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136: 460–70.

- Grummons D, Ricketts RM. Frontal cephalometrics: practical applications, part 1. World J Orthod. 2003; 4(4): 297-316.
- Grummons D, Ricketts RM. Frontal cephalometrics: practical applications, part 2. World J Orthod. 2004; 5(2): 99-119.
- Habets L, Bezuur J, Naeiji M, Hansson T. The orthopantomogram, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. II. The vertical symmetry. J Oral Rehabil. 1988; 15(5): 465-71.
- Halicioglu K, Celikoglu M, Yavuz I, Sekerci AE, Buyuk SK. An evaluation of condylar and ramal vertical asymmetry in adolescents with unilateral and bilateral posterior crossbite using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). Aust Orthod J. 2014; 30(1): 11-8.
- Han UK, Kim YH. Determination of Class II and Class III skeletal patterns: Receiver operating

- characteristic (ROC) analysis on various cephalometric measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 113(5): 538-45.
- Haraguchi S, Iguchi Y, Takada K. Asymmetry of the face in orthodontic patients. *Angle Orthod.* 2008; 78(3): 421–6.
  - Harvold E. Cleft lip and palate. Morphologic studies of facial skeleton. *Am J Orthod.* 1954; 40: 493-506.
  - Heike CL, Hing AV, Aspinall CA, Bartlett SP, Birgfeld CB, Drake AF, Pimenata LA, Sie KC, Urata MM, Vivaldi D, Luquetti DV. Clinical care in craniofacial microsomia: a review of current management recommendations and opportunities to advance research. *Am J Med Genet.* 2013; 163C: 271-82.
  - Hekmatian E, Jafari-Pozve N, Khorrami L. The effect of voxel size on the measurement of mandibular thickness in cone-beam computed tomography. *Dent Res J.* 2014; 11: 544-8.

- Hino CT, Cevidanes LH, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara JA. Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144(5): 705–14.
- Janson GRP, Metaxas A, Woodside DG, Freitas MR, Pinzan A. Three- dimensional evaluation of skeletal and dental asymmetries in Class II subdivision malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119(4): 406-18.
- Janson G, de Lima KJ, Woodside DG, Metaxas A, de Freitas MR, Henriques JF. Class II subdivision malocclusion types and evaluation of their asymmetries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131: 57–66.
- Katsumata A, Fujishita M, Maeda M, Arijii Y, Arijii E, Langlais RP. 3D-CT evaluation of facial asymmetry.

- Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005; 99: 212–20.
- Kronmiller JE. Development of asymmetries. Semin Orthod. 1998; 4(3): 134–7.
  - Librizzi ZT, Tadinada AS, Valiyaparambil JV, Lurie AG, Mallya SM. Cone-beam computed tomography to detect erosions of the temporomandibular joint: Effect of field of view and voxel size on diagnostic efficacy and effective dose. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011; 140: e25-e30.
  - Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. J Endod. 2009; 35: 233-5.
  - Lin H, Zhu P, Lin Y, Wan S, Shu X, Xu Y, Zheng Y. Mandibular asymmetry: a three-dimensional quantification of bilateral condyles. Head Face Med.



2013; 9: 42.

- Liukkonen M, Sillanmäki L, Peltomäki T. Mandibular asymmetry in healthy children. *Acta Odontol Scand.* 2005; 63:168–72.
- Lorente Achútegui, P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. *Ortodoncia Española* 2002; 42(4): 179-81.
- Lorente Achútegui, P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 1. Mordidas cruzadas bilaterales (MCB). *Ortod Esp.* 2002; 42(4): 182-95.
- Lorente Achútegui, P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 2. Mordidas cruzadas unilaterales (MCU). *Ortod Esp.* 2002; 42(4): 196-210.
- Lorente Achútegui, P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 3. Mordidas cruzadas completas (MCC). *Ortod Esp.* 2002; 42(4):

211-223.

- Ludlow JB, Gubler M, Cevidanes L, Mol A. Precision of cephalometric landmark identification: Cone-Beam computed tomography vs conventional cephalometric views. *Am J Orthod Dentofacial Orhod.* 2009; 136(3): 312.e1-13.
- Lukat TD, Perschbacher SE, Pharoah MJ, Lam EW. The effects of voxel size on cone beam computed tomography images of the temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015; 119: 229-37.
- Maes F, Collignon A, Vandermeulen D, Marchal G, Suetens P. Multimodality image registration by maximization of mutual information. *IEEE Trans Med Imaging.* 1997;16(2): 187-98.
- Meloti AF, Gonçalves R de C, Silva E, Martins LP, dos Santos-Pinto A. Dental Lateral cephalometric diagnosis of asymmetry in Angle Class II subdivision

- compared to Class I and II. *Dental Press J Orthod.* 2014; 19(4): 80-8.
- Miller VJ, Yoeli Z, Barnea E, Zeltser C. The effect of para- function on condylar asymmetry in patients with temporo- mandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 1998; 25: 721–4.
  - Moss ML, Rankow RM. The role of the functional matrix in mandibular growth. *Angle Orthod.* 1968; 38: 95-103.
  - da Motta AT, De Assis Ribeiro Carvalho F, Oliveira AE, Cevidanes LH, de Oliveira Almeida MA. Superimposition of 3D cone-beam CT models in orthognathic surgery. *Dental Press J Orthod.* 2010; 15: 39-41.
  - Nakawaki T, Yamaguchi T, Tomita D, Hikita Y, Adel M, Katayama K, Maki K. Evaluation of mandibular volume classified by vertical skeletal dimensions

- with cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2016; 86(6): 949-54.
- Park JU, Kook YA, Kim Y. Assessment of asymmetry in a normal occlusion sample and asymmetric patients with three-dimensional cone beam computed tomography. A study for a transverse reference plane. *Angle Orthod.* 2012; 82(5): 860-7.
  - Peck S, Peck L. Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces. *Angle Orthod.* 1991; 61: 43-8.
  - Primožic J, Richmond S, Kau CH, Zhurov A, Ovsenik M. Three- dimensional evaluation of early crossbite correction: a longitudinal study. *Eur J Orthod.* 2013; 35(1): 7-13.
  - Porto OC, de Freitas JC, de Alencar AH, Estrela C. The use of three-dimensional cephalometric references in dento skeletal symmetry diagnosis. *Dental Press J Orthod.* 2014; 19(6): 76-85.
  - Reyneke JP, Tsakiris P, Kienle F. A simple

classification for surgical planning of maxillomandibular asymmetry. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 35: 349-51.

- Ricketts RM, Grummons D. Frontal cephalometrics: Practical applications, Part 1. *World J Orthod.* 2003; 4: 297-316.
- Rose JM, Sadowsky C, BeGole EA, Moles R. Mandibular skeletal and dental asymmetry in Class II subdivision malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 105(5): 489-95.
- Ruellas AC, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, Goncalves JR, Garib Carreira DG, Alonso N, Souki BQ, Coqueiro Rda S, Cevidanes LH. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 149(5): 645-56.
- Ruellas AC, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, Franchi L, Cevidanes LH. 3D

- PLoS One. 2016; 11(6): e0157625.
- Sanders DA, Chandhoke TK, Uribe FA, Rigali PH, Nanda R. Quantification of skeletal asymmetries in normal adolescents: cone-beam computed tomography analysis. *Prog Orthod.* 2014; 1: 15-26.
  - Schmid W, Mongini F, Felisio A. A computer-based assessment of structural and displacement asymmetries of the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991; 100: 19-34.
  - Severt TR, Proffit WR. The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *Int J Adult Orthod Orthog Surg.* 1997; 12: 171-6.
  - Sezgin OS, Celenik P, Arici S. Mandibular asymmetry in different occlusion patterns, A radiological evaluation. *Angle Orthod.* 2007; 77(5): 803-7.
  - Shin SM, Kim YM, Kim NR, Choi YS, Park SB, Kim

- YI. Statistical shape analysis-based determination of optimal midsagittal reference plane for evaluation of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150(2): 252-60.
- Sievers MM, Larson BE, Gaillard PR, Wey A. Asymmetry assessment using cone beam CT. A Class I and Class II patient comparison. *Angle Orthod.* 2012; 82(3): 410-7.
  - Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod.* 1953; 39: 729-55.
  - Steiner CC. Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthod.* 1959; 29(1): 8-29.
  - Sutton PR. Lateral facial asymmetry- methods of assessment. *Angle Orthod.* 1968; 38: 82-92.
  - Stedman's Medical Dictionary, Baltimore, The Williams and Wilkins Company, 1966.
  - Thiesen G, Gribel BF, Pereira KC, Freitas MP. Is there an association between skeletal asymmetry

- and tooth absence? Dental Press J Orthod. 2016; 21(4): 73-9.
- Trpkova B, Prasad NG, Lam EW, Raboud D, Glover KE, Major PW. Assessment of facial asymmetries from posteroanterior cephalograms: validity of reference lines. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003; 123(5): 512-20.
  - Ueki K, Nakagawa K, Marukawa K, Takatsuka S, Yamamoto E. The relationship between temporomandibular joint disc morphology and stress angulation in skeletal Class III patients. Eur J Orthod. 2005; 27: 501-6.
  - Van Eslande DC, Russett SJ, Major PW, Flores-Mir C. Mandibular asymmetry diagnosis with panoramic imaging. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008; 134: 183-92.
  - Van Der Linden FPGM. Development of the dentition. Chicago: Quintessence, 1983: 93-103.



- Veli I, Uysal T, Ozer T, Ucar FI, Eruz M. Mandibular asymmetry in unilateral and bilateral posterior crossbite patients using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2011; 81(6): 966-74.
- Woo TL. On the asymmetry of the human skull. *Biometrika.* 1931; 22: 324-52.
- You KH, Lee KJ, Lee SH, Baik HS. Three-dimensional computed tomography analysis of mandibular morphology in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138(5): 540.e1-8
- Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, Gerig G. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006; 31(3): 1116-28.
- Zhao C, Kurita H, Kurashina K, Hosoya A, Arai Y, Nakamura H. Temporomandibular joint response to

- mandibular deviation in rabbits detected by 3D micro-CT imaging. *Arch Oral Biol.* 2010; 55: 929–37.
- Zhu M, Chai G, Qingfeng LL. Application of three-dimensional printing technique in correction of mandibular prognatism. *Zhong-guo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2014; 28: 296-9.

# **ANEXO 1**



D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 2 de marzo de 2017, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral titulado: *"Relación entre la incidencia de la asimetría mandibular con la clave esquelética y el patrón facial del paciente, medida sobre mandíbulas segmentadas obtenidas con el Cone Beam Computed Tomography (CBCT)", número de procedimiento H1488134666059,* cuya responsable es Dña. Pilar España Pamplona, dirigida por Vanessa Paredes Gallardo, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a tres de marzo de dos mil diecisiete.



**To whom it may concern**

Professor **José María Montiel Company**, Interim PhD Lecturer at the Department of Stomatology, and Secretary of the Ethics Committee of Research in Humans of the Ethics Commission in Experimental Research of University of Valencia, hereby certify that the Ethics Committee of Research in Humans, in the session which took place on March 2, 2017, analysed the Doctoral thesis project entitled "*Relationship Between the incidence of mandibular asymmetry, the skeletal class and the facial pattern of the patient, measured over segmented mandibles*", reference number H1-488134666059, whose researcher in charge is Pilar España Pamplona, supervised by Vanessa Paredes Gallardo, and agreed with this project concerning its ethical aspects, as it respects the fundamental principles established in the Declaration of Helsinki, in the Agreement of the European Council on Human Rights and complies with the requirements established by Spanish legislation concerning biomedical research, the protection of personal data , and bioethics.

Valencia, 3rd March 2017.



## **ANEXO 2**





**FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**

**INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE (SUJETO DE  
EXPERIMENTACIÓN)**

Yo, \_\_\_\_\_  
con DNI \_\_\_\_\_ he sido ampliamente informado del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por la Odontóloga **Pilar España Pamplona** (colegiado no 46003836) tutorizado por la Dra. Vanessa Paredes, la Dra. Beatriz Tarazona y la Dra. Natalia Zamora, que lleva por título **“Relación entre la incidencia de la asimetría mandibular, la clase esquelética y el patrón facial del paciente, medida sobre mandíbulas segmentadas”** y que tiene como objetivo principal: “Analizar la relación entre la asimetría mandibular con la clase esquelética y el tipo de patrón de crecimiento facial.” Para dicho estudio se requiere un consentimiento informado que se adjunta a continuación.

El paciente puede decidir no participar y retirarse en este estudio en cualquier momento del mismo. Este estudio realizado en la Unidad Docente de Ortodoncia del Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia, no está financiado por ningún organismo público ni privado.

La participación o no en el estudio no tiene ningún tipo de consecuencias ni de riesgos asociados para el paciente, ya que únicamente se van a utilizar sus registros diagnósticos. Se trata de un estudio cuya participación es gratuita y no remunerada. En caso de necesitar aclaraciones o consultas al respecto, se me han facilitado datos de contacto (incluyendo teléfono) del investigador principal.

Valencia a, \_\_\_de\_\_\_\_\_ de 2016

Firma paciente/padre/madre o tutor    Firma investigador/a

## **ANEXO 3**



**FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, (Nombre y Apellidos del paciente) con DNI \_\_\_\_\_

he sido informado del trabajo de investigación que va a ser llevado a cabo por la Dra. Pilar España Pamplona, Odontóloga con número de colegiado 46003836 por el Ilustre Colegio de Odontólogos y Estomatólogos de Valencia y consiento libremente a que mis datos personales sean utilizados únicamente con fines científicos, cumpliendo con la legislación actual de protección de datos de carácter personal. Éstos serán empleados para llevar a cabo el citado trabajo.

Dicho trabajo está dirigido por la Dra. Vanessa Paredes Gallardo, la Dra Beatriz Tarazona y la Dra Natalia Zamora, Doctoras en Odontología y Profesoras de la

Unidad Docente de Ortodoncia de la Facultad de Medicina  
y Odontología de la Universidad de Valencia.

FIRMA PACIENTE/PADRE/MADRE O TUTOR

## **ANEXO 4**





**FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**

**COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, Pilar España Pamplona, Odontóloga y con número de colegiado 46003836 por el Ilustre Colegio de Odontólogos y Estomatólogos de Valencia, declaro que los datos personales recogidos de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia, serán utilizados únicamente con fines científicos, cumplirán con la legislación actual sobre la protección de datos de carácter personal y serán empleados para llevar a cabo mi trabajo de investigación dirigido por la Dra. Vanessa Paredes, la Dra. Beatriz Tarazona y la Dra. Natalia Zamora, Doctoras en Odontología y Profesoras de la Unidad Docente de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia.

Fdo. Pilar España Pamplona

## **Anexo 5**





VNIVERSITAT Đ VALÈNCIA  
Facultad Medicina y Odontología  
Programa de Doctorado en Odontología

Valencia a 7 febrero 2017

La Comisión Académica del Programa de Doctorado en Odontología, en la reunión celebrada el 7 de febrero del 2017 informa favorablemente la solicitud presentada por la doctoranda Pilar España Pamplona del reconocimiento de la estancia que va a realizar en la Universidad de la Universidad de Detroy Mercy (school of dentistry) para poder obtener la mención internacional en el título de Doctor, durante un periodo de tres meses (enero 2017- marzo2017), bajo la tutoría de la Dra. Valmy Pangrazio-Kulbersh.

Director del Programa de Doctorado  
Catedrático de Estomatología

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Vicente Bagán Sebastián', written over a vertical line.

Fdo: Prof. José Vicente Bagán Sebastián



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Medicina i Odontologia  
Departament d'Estomatologia

**VALORACIÓN DE LA ESTANCIA.**

**MENCIÓN INTERNACIONAL**

La Comisión Académica del Programa de Doctorado 3143 en Odontología, en su sesión de 22/ Febrero/2018, a la vista del certificado de realización de la estancia emitido por el responsable en el Centro de la misma y de la memoria de la actividad e informe de los Directores/as y en su casos del Tutor/a presentados por D/Dña. Pilar Espinosa Panyalenc, emite informe Favorable sobre la estancia realizada para la obtención de la mención Internacional en el título de Doctor/a.

Valencia, 22 de Febrero de 2018



VºBº  
Prof. José Vicente Bagán Sebastián  
Coordinador Programa Doctorado Odontología

## **ANEXO 6**



	N	%
Total	60	100.0
Hombre	26	43.3
Mujer	34	56.7

**Tabla 6.1. Sexo**

N	55
Media	32.7
Desviación típica	11.6
Mínimo	15.4
Máximo	60.6
Mediana	33.5

**Tabla 6.2. Edad (años)**

N	60
Media	.01
Desviación típica	3.93
Mínimo	-16.60
Máximo	6.50
Mediana	.25

**Tabla 6.3. WITS (mm)**

	N	%
Total	60	100.0
Clase I	20	33.3
Clase II	20	33.3
Clase III	20	33.3

**Tabla 6.4. Clase esquelética**



N	60
Media	23.26
Desviación típica	6.50
Mínimo	9.90
Máximo	37.10
Mediana	22.95

**Tabla 6.5. Plano mandibular (°)**

	N	%
Total	60	100.0
Mesofacial	17	28.3
Braquifacial	26	43.3
Dolicofacial	17	28.3

**Tabla 6.6. Patrón facial**

N	60
Media	175,098.6
Desviación típica	30,660.3
Mínimo	81,562.0
Máximo	269,755.0
Mediana	170,271.0
Suma	10,505,915.0

**Tabla 6.7. Número de puntos de medición**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
ZONA_cond	60	5.8	1.7	3.0	11.2	5.7
ZONA_rama	60	22.7	4.2	15.3	34.7	21.9
ZONA_cuer	60	71.5	4.4	58.6	79.9	72.0

**Tabla 6.8. Número de puntos en cóndilo, rama y cuerpo (%)**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
PointToPointAlongX	60	.038	.278	-1.100	.702	.038
PointToPointAlongY	60	.061	.191	-.835	.647	.050
PointToPointAlongZ	60	-.081	.133	-.406	.263	-.077

**Tabla 6.9. Vector distancia en eje x, y, z (mm)**

N	60
Media	.143
Desviación típica	.380
Mínimo	-.445
Máximo	1.694
Mediana	.063

**Tabla 6.10. Signed distance (mm)**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
PPX_ABS	60	.631	.205	.337	1.611	.580
PPY_ABS	60	.486	.147	.296	1.112	.456
PPZ_ABS	60	.381	.104	.197	.659	.355

**Tabla 6.11. Vector distancia absoluta en eje x, y, z  
(mm)**

N	60
Media	1.018
Desviación típica	.290
Mínimo	.554
Máximo	2.287
Mediana	.951

**Tabla 6.12. Absolute distance (mm)**

	CLASE							
	Total		Clase I		Clase II		Clase III	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	60	100.0	20	100.0	20	100.0	20	100.0
Hombre	26	43.3	8	40.0	10	50.0	8	40.0
Mujer	34	56.7	12	60.0	10	50.0	12	60.0

**Tabla 6.13. Sexo según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	55	19	19	17
<b>Media</b>	32.7	33.2	30.6	34.4
<b>Desviación típica</b>	11.6	10.5	11.5	13.3
<b>Mínimo</b>	15.4	16.1	15.4	16.1
<b>Máximo</b>	60.6	54.9	51.0	60.6
<b>Mediana</b>	33.5	34.4	24.3	34.1

**Tabla 6.14. Edad (años) según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	60	20	20	20
<b>Media</b>	.01	.23	3.71	-3.91
<b>Desviación típica</b>	3.93	.52	1.49	3.84
<b>Mínimo</b>	-16.60	-.50	1.50	-16.60
<b>Máximo</b>	6.50	.90	6.50	-.60
<b>Mediana</b>	.25	.25	3.70	-2.25

**Tabla 6.15. WITS (mm) según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	60	20	20	20
<b>Media</b>	23.26	21.45	24.37	23.95
<b>Desviación típica</b>	6.50	5.68	7.00	6.67
<b>Mínimo</b>	9.90	9.90	13.40	12.60
<b>Máximo</b>	37.10	29.20	36.70	37.10
<b>Mediana</b>	22.95	20.00	25.05	23.10

**Tabla 6.16. Plano mandibular (°) según Clase**

	CLASE							
	Total		Clase I		Clase II		Clase III	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Total</b>	60	100.0	20	100.0	20	100.0	20	100.0
<b>Mesofacial</b>	17	28.3	4	20.0	6	30.0	7	35.0
<b>Braquifacial</b>	26	43.3	11	55.0	7	35.0	8	40.0
<b>Dolicofacial</b>	17	28.3	5	25.0	7	35.0	5	25.0

**Tabla 6.17. Patrón facial según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	60	20	20	20
<b>Media</b>	175,098.6	169,203.9	182,702.0	173,389.9
<b>Desviación típica</b>	30,660.3	21,046.4	31,029.6	37,587.4
<b>Mínimo</b>	81,562.0	126,687.0	148,350.0	81,562.0
<b>Máximo</b>	269,755.0	204,926.0	269,755.0	233,943.0
<b>Mediana</b>	170,271.0	170,558.0	173,149.5	166,769.0
<b>Suma</b>	10,505,915.0	3,384,078.0	3,654,040.0	3,467,797.0

**Tabla 6.18. Número de puntos de medición según Clase**

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
ZONA_cond	<b>N</b>	60	20	20	20
	<b>Media</b>	5.8	5.6	5.8	5.9
	<b>Desviación típica</b>	1.7	1.7	1.8	1.6
	<b>Mínimo</b>	3.0	3.0	3.2	3.7
	<b>Máximo</b>	11.2	10.3	11.2	11.0
	<b>Mediana</b>	5.7	5.7	6.0	5.7
ZONA_rama	<b>N</b>	60	20	20	20
	<b>Media</b>	22.7	21.4	24.3	22.4
	<b>Desviación típica</b>	4.2	3.0	5.6	3.1
	<b>Mínimo</b>	15.3	15.9	15.3	17.8
	<b>Máximo</b>	34.7	27.6	34.7	31.2
	<b>Mediana</b>	21.9	21.6	22.7	22.2
ZONA_cuer	<b>N</b>	60	20	20	20
	<b>Media</b>	71.5	73.0	69.9	71.7
	<b>Desviación típica</b>	4.4	3.5	5.7	3.1
	<b>Mínimo</b>	58.6	65.6	58.6	63.2
	<b>Máximo</b>	79.9	79.9	77.9	77.2
	<b>Mediana</b>	72.0	73.7	71.1	71.8

**Tabla 6.19. Número de puntos en cóndilo, rama y cuerpo (%) según Clase**

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
PPX_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.631	.609	.614	.669
	Desviación típica	.205	.184	.155	.264
	Mínimo	.337	.337	.419	.394
	Máximo	1.611	1.018	1.019	1.611
	Mediana	.580	.576	.609	.591
PPY_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.486	.479	.486	.494
	Desviación típica	.147	.137	.101	.194
	Mínimo	.296	.296	.349	.328
	Máximo	1.112	.900	.705	1.112
	Mediana	.456	.456	.487	.446
PPZ_ABS	N	60	20	20	20
	Media	.381	.369	.386	.387
	Desviación típica	.104	.093	.103	.118
	Mínimo	.197	.197	.258	.232
	Máximo	.659	.546	.659	.634
	Mediana	.355	.355	.363	.347

**Tabla 6.20. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
N	60	20	20	20
Media	1.018	.989	1.006	1.057
Desviación típica	.290	.265	.225	.372
Mínimo	.554	.554	.726	.636
Máximo	2.287	1.509	1.595	2.287
Mediana	.951	.952	.969	.919

**Tabla 6.21. Absolute distance (mm) según Clase**

	PATRON							
	Total		Mesofacial		Braquifacial		Dolicofacial	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Total</b>	60	100.0	17	100.0	26	100.0	17	100.0
<b>Hombre</b>	26	43.3	8	47.1	12	46.2	6	35.3
<b>Mujer</b>	34	56.7	9	52.9	14	53.8	11	64.7

**Tabla 6.22. Sexo según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	55	14	25	16
<b>Media</b>	32.7	34.5	34.1	28.9
<b>Desviación típica</b>	11.6	14.7	10.5	10.0
<b>Mínimo</b>	15.4	16.1	16.1	15.4
<b>Máximo</b>	60.6	60.6	53.8	46.4
<b>Mediana</b>	33.5	28.2	36.1	24.9

**Tabla 6.23. Edad (años) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	60	17	26	17
<b>Media</b>	.01	-.02	.24	-.31
<b>Desviación típica</b>	3.93	3.75	2.88	5.44
<b>Mínimo</b>	-16.60	-7.50	-6.60	-16.60
<b>Máximo</b>	6.50	6.50	5.20	5.70
<b>Mediana</b>	.25	-.10	.15	.60

**Tabla 6.24. WITS (mm) según Patrón**



	PATRON							
	Total		Mesofacial		Braquifacial		Dolicofacial	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Total</b>	60	100.0	17	100.0	26	100.0	17	100.0
<b>Clase I</b>	22	36.7	4	23.5	12	46.2	6	35.3
<b>Clase II</b>	20	33.3	6	35.3	7	26.9	7	41.2
<b>Clase III</b>	18	30.0	7	41.2	7	26.9	4	23.5

**Tabla 6.25. Clase esquelética según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	60	17	26	17
<b>Media</b>	23.26	24.54	17.17	31.29
<b>Desviación típica</b>	6.50	1.74	2.85	3.07
<b>Mínimo</b>	9.90	22.20	9.90	28.10
<b>Máximo</b>	37.10	27.20	21.90	37.10
<b>Mediana</b>	22.95	24.40	17.35	29.50

**Tabla 6.26. Plano mandibular (°) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>N</b>	60	17	26	17
<b>Media</b>	175,098.6	178,571.6	176,683.0	169,202.4
<b>Desviación típica</b>	30,660.3	34,841.1	25,567.0	34,312.4
<b>Mínimo</b>	81,562.0	126,687.0	135,103.0	81,562.0
<b>Máximo</b>	269,755.0	269,755.0	226,643.0	233,943.0
<b>Mediana</b>	170,271.0	172,116.0	171,776.5	162,862.0
<b>Suma</b>	10,505,915.0	3,035,718.0	4,593,757.0	2,876,440.0

**Tabla 6.27. Número de puntos de medición según**

**Patrón**

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
ZONA_cond	<b>N</b>	60	17	26	17
	<b>Media</b>	5.8	5.3	6.5	5.1
	<b>Desviación típica</b>	1.7	1.3	1.9	1.1
	<b>Mínimo</b>	3.0	3.0	3.5	3.1
	<b>Máximo</b>	11.2	7.4	11.2	7.1
	<b>Mediana</b>	5.7	5.4	6.2	5.0
ZONA_rama	<b>N</b>	60	17	26	17
	<b>Media</b>	22.7	23.8	22.2	22.4
	<b>Desviación típica</b>	4.2	4.3	4.5	3.6
	<b>Mínimo</b>	15.3	17.1	15.3	15.9
	<b>Máximo</b>	34.7	31.3	34.7	31.9
	<b>Mediana</b>	21.9	23.9	21.2	22.1
ZONA_cuer	<b>N</b>	60	17	26	17
	<b>Media</b>	71.5	70.9	71.3	72.5
	<b>Desviación típica</b>	4.4	5.1	4.6	3.4
	<b>Mínimo</b>	58.6	62.0	58.6	63.8
	<b>Máximo</b>	79.9	79.9	77.9	79.1
	<b>Mediana</b>	72.0	70.5	71.1	73.0

**Tabla 6.28. Número de puntos en cóndilo, rama y**

**cuerpo (%) según Patrón**

	PATRON				
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial	
PointToPointAlongX	N	60	17	26	17
	Media	.038	-.014	.056	.061
	Desviación típica	.278	.362	.262	.204
	Mínimo	-1.100	-1.100	-.524	-.264
	Máximo	.702	.494	.702	.568
	Mediana	.038	.056	.036	.025
PointToPointAlongY	N	60	17	26	17
	Media	.061	.030	.056	.100
	Desviación típica	.191	.292	.128	.144
	Mínimo	-.835	-.835	-.232	-.060
	Máximo	.647	.647	.354	.378
	Mediana	.050	.050	.041	.046
PointToPointAlongZ	N	60	17	26	17
	Media	-.081	-.114	-.095	-.027
	Desviación típica	.133	.133	.148	.096
	Mínimo	-.406	-.337	-.406	-.202
	Máximo	.263	.173	.263	.220
	Mediana	-.077	-.107	-.115	-.025

**Tabla 6.29. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
N	60	17	26	17
Media	.143	.263	.064	.145
Desviación típica	.380	.470	.325	.348
Mínimo	-.445	-.176	-.356	-.445
Máximo	1.694	1.694	.858	.829
Mediana	.063	.091	-.038	.077

**Tabla 6.30. Signed distance (mm) según Patrón**

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
PPX_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.631	.671	.630	.593
	Desviación típica	.205	.288	.157	.172
	Mínimo	.337	.394	.383	.337
	Máximo	1.611	1.611	1.019	1.018
	Mediana	.580	.621	.598	.554
PPY_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.486	.516	.470	.482
	Desviación típica	.147	.205	.093	.150
	Mínimo	.296	.322	.333	.296
	Máximo	1.112	1.112	.705	.900
	Mediana	.456	.487	.450	.462
PPZ_ABS	N	60	17	26	17
	Media	.381	.408	.385	.346
	Desviación típica	.104	.131	.097	.076
	Mínimo	.197	.232	.270	.197
	Máximo	.659	.634	.659	.468
	Mediana	.355	.390	.351	.343

**Tabla 6.31. Vector distancia absoluta en eje x, y, z  
(mm) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
N	60	17	26	17
Media	1.018	1.087	1.008	.963
Desviación típica	.290	.402	.222	.252
Mínimo	.554	.636	.660	.554
Máximo	2.287	2.287	1.595	1.509
Mediana	.951	1.032	.951	.916

**Tabla 6.32. Absolute distance (mm) según Patrón**

	PATRON																	
	Mesofacial						Braquifacial						Dolicofacial					
	CLASE						CLASE						CLASE					
	Clase I		Clase II		Clase III		Clase I		Clase II		Clase III		Clase I		Clase II		Clase III	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	4	100.0	6	100.0	7	100.0	11	100.0	7	100.0	8	100.0	5	100.0	7	100.0	5	100.0
Hombre	2	50.0	4	66.7	2	28.6	5	45.5	4	57.1	3	37.5	1	20.0	2	28.6	3	60.0
Mujer	2	50.0	2	33.3	5	71.4	6	54.5	3	42.9	5	62.5	4	80.0	5	71.4	2	40.0

**Tabla 6.33. Sexo según Patrón y Clase**

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	3	5	6	11	7	7	5	7	4
Media	39.2	31.6	34.6	33.1	33.2	36.5	29.7	27.5	30.4
Desviación típica	15.7	13.5	17.3	10.2	9.0	13.5	8.6	13.1	6.8
Mínimo	23.6	19.8	16.1	16.1	20.7	17.9	20.6	15.4	22.7
Máximo	54.9	51.0	60.6	45.1	42.1	53.8	41.5	46.4	37.8
Mediana	39.2	24.3	28.2	38.1	33.9	36.1	29.2	21.8	30.5

**Tabla 6.34. Edad (años) según Patrón y Clase**

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
Media	.08	3.83	-3.39	.28	3.70	-2.84	.26	3.61	-6.36
Desviación típica	.33	1.94	2.50	.60	1.27	2.20	.52	1.50	6.47
Mínimo	-.30	1.60	-7.50	-.50	1.90	-6.60	-.50	1.50	-16.60
Máximo	.40	6.50	-1.20	.90	5.20	-.80	.80	5.70	-.60
Mediana	.10	4.05	-2.10	.20	4.20	-1.65	.40	3.60	-3.50

**Tabla 6.35. WITS (mm) según Patrón y Clase**

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
Media	24.43	24.78	24.39	17.02	16.53	17.94	28.80	31.86	32.98
Desviación típica	2.05	1.88	1.71	2.78	2.70	3.25	.43	2.75	3.77
Mínimo	22.30	22.20	22.50	9.90	13.40	12.60	28.10	29.50	28.60
Máximo	26.60	26.80	27.20	21.10	21.70	21.90	29.20	36.70	37.10
Mediana	24.40	25.05	24.40	17.30	16.60	18.05	29.00	31.40	32.30

**Tabla 6.36. Plano mandibular (°) según Patrón y Clase**

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
Media	163.331.5	205.739.5	163.993.6	170.581.0	183.338.9	179.249.3	170.872.2	162.318.7	177.169.6
Desviación típica	25.327.4	41.596.2	18.264.5	18.356.9	20.812.7	37.034.1	27.153.0	12.570.6	59.743.5
Mínimo	126.687.0	148.350.0	144.354.0	145.965.0	159.086.0	135.103.0	133.664.0	148.661.0	81.562.0
Máximo	184.889.0	269.755.0	192.150.0	199.360.0	208.617.0	226.643.0	204.926.0	188.038.0	233.943.0
Mediana	170.875.0	210.967.0	160.684.0	171.482.0	179.075.0	168.741.5	164.653.0	159.733.0	200.648.0
Suma	653.326.0	1,234.437.0	1,147.955.0	1,876.391.0	1,263.372.0	1,433.994.0	854.361.0	1,136.231.0	885.848.0

**Tabla 6.37. Número de puntos de medición según**

**Patrón y Clase**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
ZONA_cond	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	5.8	4.9	5.3	5.9	7.0	7.0	4.9	5.3	5.0
	Desviación típica	1.9	1.5	.9	1.8	2.2	1.8	1.4	1.1	1.0
	Mínimo	3.0	3.2	3.7	3.5	4.1	5.7	3.1	4.0	4.0
	Máximo	7.4	6.8	6.2	10.3	11.2	11.0	7.1	6.7	6.5
	Mediana	6.4	4.3	5.4	5.7	6.7	6.4	4.8	5.3	5.0
ZONA_rama	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	22.7	25.6	22.9	21.1	24.2	21.9	21.0	23.3	22.5
	Desviación típica	4.4	4.3	4.4	2.3	7.9	2.2	3.5	4.5	2.3
	Mínimo	17.1	19.4	17.8	18.1	15.3	19.0	15.9	18.7	20.2
	Máximo	27.6	31.3	31.2	25.5	34.7	24.3	24.6	31.9	25.8
	Mediana	23.1	26.6	21.7	20.7	22.4	22.0	22.1	21.4	22.8
ZONA_cuer	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	71.5	69.5	71.7	73.1	68.7	71.1	74.1	71.4	72.5
	Desviación típica	6.0	5.6	4.6	2.6	7.7	1.7	3.2	3.8	2.9
	Mínimo	65.6	62.0	63.2	68.2	58.6	69.5	70.6	63.8	69.2
	Máximo	79.9	77.4	77.2	76.5	77.9	74.2	79.1	75.3	75.9
	Mediana	70.3	68.7	73.0	73.7	71.1	70.5	73.7	73.0	71.5

**Tabla 6.38. Número de puntos en cóndilo, rama y cuerpo (%) según Patrón y Clase**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
PointToPointAlongX	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	.109	-.029	-.072	.019	.180	.000	.173	-.039	.088
	Desviación típica	.051	.224	.540	.268	.322	.184	.287	.156	.114
	Mínimo	.049	-.406	-1.100	-.524	-.179	-.295	-.104	-.264	-.042
	Máximo	.170	.192	.494	.584	.702	.246	.568	.228	.264
	Mediana	.110	-.027	.056	.011	.129	.038	.142	-.065	.088
PointToPointAlongY	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	.100	.042	-.021	.029	.096	.060	.135	.093	.076
	Desviación típica	.081	.122	.453	.116	.193	.071	.219	.119	.108
	Mínimo	.036	-.136	-.835	-.232	-.089	-.017	-.060	-.049	-.022
	Máximo	.214	.206	.647	.237	.354	.188	.378	.313	.230
	Mediana	.075	.059	-.049	.049	-.009	.049	.046	.064	.034
PointToPointAlongZ	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	-.101	-.074	-.157	-.100	-.147	-.041	-.035	-.006	-.049
	Desviación típica	.110	.161	.124	.170	.146	.112	.062	.104	.128
	Mínimo	-.243	-.332	-.337	-.363	-.406	-.195	-.091	-.085	-.202
	Máximo	.019	.173	.030	.263	.038	.128	.041	.220	.081
	Mediana	-.089	-.070	-.169	-.118	-.079	-.018	-.028	-.025	-.012

**Tabla 6.39. Vector distancia en eje x, y, z (según Patrón y Clase**

	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
Media	-.025	.179	.499	.068	.099	.027	.374	.007	.108
Desviación típica	.111	.252	.634	.263	.505	.240	.429	.344	.144
Mínimo	-.176	-.136	-.135	-.356	-.337	-.294	-.142	-.445	-.072
Máximo	.091	.522	1.694	.434	.858	.378	.829	.568	.307
Mediana	-.008	.228	.408	.143	-.170	.010	.231	.056	.077

**Tabla 6.40. Signed distance (mm) según Patrón y Clase**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
PPX_ABS	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	.534	.610	.802	.613	.673	.615	.662	.560	.569
	Desviación típica	.089	.147	.403	.165	.206	.103	.280	.089	.142
	Mínimo	.425	.419	.394	.383	.426	.510	.337	.443	.460
	Máximo	.628	.846	1.611	.982	1.019	.822	1.018	.666	.812
	Mediana	.541	.594	.709	.577	.627	.591	.576	.565	.546
PPY_ABS	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	.436	.464	.606	.460	.538	.422	.556	.451	.451
	Desviación típica	.090	.067	.296	.063	.131	.057	.251	.081	.085
	Mínimo	.322	.370	.328	.333	.363	.340	.296	.349	.361
	Máximo	.540	.519	1.112	.555	.705	.532	.900	.569	.542
	Mediana	.441	.496	.516	.456	.517	.409	.490	.456	.462
PPZ_ABS	N	4	6	7	11	7	8	5	7	5
	Media	.339	.367	.482	.387	.440	.335	.353	.348	.338
	Desviación típica	.081	.115	.142	.091	.123	.057	.116	.043	.083
	Mínimo	.235	.258	.232	.270	.317	.280	.197	.293	.255
	Máximo	.429	.544	.634	.546	.659	.459	.468	.427	.466
	Mediana	.346	.333	.499	.354	.389	.321	.356	.343	.343

**Tabla 6.41. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Patrón y Clase**



	PATRON								
	Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
	CLASE			CLASE			CLASE		
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
<b>N</b>	4	6	7	11	7	8	5	7	5
<b>Media</b>	.892	.982	1.290	.993	1.114	.936	1.060	.919	.926
<b>Desviación típica</b>	.160	.213	.544	.217	.288	.139	.424	.131	.180
<b>Mínimo</b>	.674	.726	.636	.660	.810	.808	.554	.755	.782
<b>Máximo</b>	1.044	1.248	2.287	1.411	1.595	1.235	1.509	1.079	1.236
<b>Mediana</b>	.925	.979	1.138	.953	1.068	.911	.952	.950	.867

**Tabla 6.42. Absolute distance (mm) según Patrón y Clase**

	N	%
<b>Total</b>	10505915	100.0
<b>Clase I</b>	3820172	36.4
<b>Clase II</b>	3654040	34.8
<b>Clase III</b>	3031703	28.9

**Tabla 6.43. Clase esquelética**

	N	%
<b>Total</b>	10505915	100.0
<b>Mesofacial</b>	3035718	28.9
<b>Braquifacial</b>	4593757	43.7
<b>Dolicofacial</b>	2876440	27.4

**Tabla 6.44. Patrón facial**

	N	%
Total	10505915	100.0
Cóndilo	602560	5.7
Rama	2380325	22.7
Cuerpo	7523030	71.6

**Tabla 6.45. Zona**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
PointToPointAlongX	10505915	.042	.971	-8.163	26.006	.013
PointToPointAlongY	10505915	.062	.765	-9.196	7.678	.021
PointToPointAlongZ	10505915	-.082	.677	-16.366	6.120	-.010

**Tabla 6.46. Vector distancia en eje x, y, z (mm)**

N	10505915
Media	.142
Desviación típica	1.407
Mínimo	-8.117
Máximo	27.927
Mediana	.000

**Tabla 6.47. Signed distance (mm)**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
PPX_ABS	10505915	.634	.737	.000	26.006	.397
PPY_ABS	10505915	.486	.594	.000	9.196	.297
PPZ_ABS	10505915	.382	.565	.000	16.366	.173

**Tabla 6.48. Vector distancia absoluta en eje x, y, z  
(mm)**

N	10505915
Media	1.022
Desviación típica	.977
Mínimo	.000
Máximo	27.927
Mediana	.749

**Tabla 6.49. Absolute distance (mm)**

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
PointToPointAlongX	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	.042	.081	.034	.012
	Desviación típica	.971	.929	.937	1.042
	Mínimo	-8.163	-5.617	-7.941	-8.163
	Máximo	26.006	8.629	6.843	26.006
	Mediana	.013	.015	.008	.017
PointToPointAlongY	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	.062	.069	.082	.035
	Desviación típica	.765	.735	.761	.796
	Mínimo	-9.196	-5.477	-7.587	-9.196
	Máximo	7.678	7.678	6.710	7.260
	Mediana	.021	.022	.020	.021
PointToPointAlongZ	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	-.082	-.085	-.075	-.087
	Desviación típica	.677	.635	.691	.701
	Mínimo	-16.366	-6.092	-8.623	-16.366
	Máximo	6.120	6.120	6.089	5.609
	Mediana	-.010	-.013	-.009	-.009

**Tabla 6.50. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
N	10505915	3384078	3654040	3467797
Media	.142	.127	.110	.191
Desviación típica	1.407	1.345	1.392	1.478
Mínimo	-8.117	-8.117	-6.328	-6.305
Máximo	27.927	8.659	9.393	27.927
Mediana	.000	-.002	-.023	.026

**Tabla 6.51. Signed distance (mm) según Clase**

		CLASE			
		Total	Clase I	Clase II	Clase III
PPX_ABS	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	.634	.613	.623	.666
	Desviación típica	.737	.703	.701	.801
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	26.006	8.629	7.941	26.006
	Mediana	.397	.388	.393	.409
PPY_ABS	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	.486	.480	.490	.488
	Desviación típica	.594	.561	.588	.629
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	9.196	7.678	7.587	9.196
	Mediana	.297	.299	.297	.296
PPZ_ABS	N	10505915	3384078	3654040	3467797
	Media	.382	.371	.390	.386
	Desviación típica	.565	.523	.575	.592
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	16.366	6.120	8.623	16.366
	Mediana	.173	.170	.174	.174

**Tabla 6.52. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Clase**

	CLASE			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
N	10505915	3384078	3654040	3467797
Media	1.022	.993	1.020	1.052
Desviación típica	.977	.916	.954	1.056
Mínimo	.000	.000	.000	.000
Máximo	27.927	8.659	9.393	27.927
Mediana	.749	.744	.746	.756

**Tabla 6.53. Absolute distance (mm) según Clase**

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
PointTo Point AlongX	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	.042	-.014	.061	.070
	Desviación típica	.971	1.074	.938	.905
	Mínimo	-8.163	-8.163	-6.021	-6.978
	Máximo	26.006	7.624	26.006	8.453
	Mediana	.013	.007	.020	.009
PointTo Point AlongY	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	.062	.044	.058	.088
	Desviación típica	.765	.854	.718	.736
	Mínimo	-9.196	-7.587	-6.046	-9.196
	Máximo	7.678	7.260	6.301	7.678
	Mediana	.021	.016	.024	.022
PointTo Point AlongZ	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	-.082	-.107	-.097	-.033
	Desviación típica	.677	.749	.672	.599
	Mínimo	-16.366	-8.623	-16.366	-7.356
	Máximo	6.120	6.089	5.921	6.120
	Mediana	-.010	-.012	-.015	-.002

**Tabla 6.54. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
N	10505915	3035718	4593757	2876440
Media	.142	.269	.066	.130
Desviación típica	1.407	1.544	1.363	1.310
Mínimo	-8.117	-6.431	-8.117	-6.432
Máximo	27.927	9.393	27.927	10.380
Mediana	.000	.029	-.044	.033

**Tabla 6.55. Signed distance (mm) según Patrón**

		PATRON			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
PPX_ABS	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	.634	.675	.632	.595
	Desviación típica	.737	.835	.696	.685
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	26.006	8.163	26.006	8.453
	Mediana	.397	.407	.409	.367
PPY_ABS	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	.486	.519	.472	.475
	Desviación típica	.594	.680	.545	.569
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	9.196	7.587	6.301	9.196
	Mediana	.297	.302	.297	.292
PPZ_ABS	N	10505915	3035718	4593757	2876440
	Media	.382	.413	.386	.345
	Desviación típica	.565	.634	.558	.491
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	16.366	8.623	16.366	7.356
	Mediana	.173	.179	.178	.159

**Tabla 6.56. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Patrón**

	PATRON			
	Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
N	10505915	3035718	4593757	2876440
Media	1.022	1.096	1.012	.960
Desviación típica	.977	1.121	.916	.901
Mínimo	.000	.000	.000	.000
Máximo	27.927	9.393	27.927	10.380
Mediana	.749	.762	.767	.708

**Tabla 6.57. Absolute distance (mm) según Patrón**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
PointTo Point AlongX	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	.113	-.047	-.052	.026	.175	.006	.177	-.037	.103
	Desviación típica	.813	.954	1.298	.931	.992	.885	.997	.831	.886
	Mínimo	-4.978	-7.941	-8.163	-5.617	-5.189	-6.021	-5.611	-6.978	-5.475
	Máximo	5.649	4.888	7.624	8.629	6.843	26.006	6.236	5.140	8.453
	Mediana	.042	-.008	.011	-.003	.050	.023	.024	-.002	.015
PointTo Point AlongY	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	.103	.053	.002	.033	.100	.053	.124	.094	.048
	Desviación típica	.668	.755	1.029	.688	.837	.636	.867	.674	.671
	Mínimo	-4.892	-7.587	-6.404	-5.477	-6.046	-5.595	-5.083	-5.369	-9.196
	Máximo	5.467	6.710	7.260	5.747	6.226	6.301	7.678	6.080	5.744
	Mediana	.046	.005	.012	.012	.030	.036	.027	.029	.010
PointTo Point AlongZ	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	-.106	-.063	-.154	-.100	-.146	-.049	-.035	-.009	-.061
	Desviación típica	.599	.693	.871	.664	.750	.599	.593	.606	.594
	Mínimo	-5.326	-8.623	-8.443	-6.092	-6.192	-16.366	-5.626	-5.389	-7.356
	Máximo	6.086	6.089	5.279	5.473	5.921	5.562	6.120	4.705	5.609
	Mediana	-.015	-.008	-.017	-.018	-.024	-.006	-.003	.000	-.006

**Tabla 6.58. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según Patrón y Clase**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848	
Media	-.024	.208	.501	.079	.105	.013	.346	.008	.079	
Desviación típica	1.225	1.387	1.810	1.337	1.516	1.246	1.423	1.234	1.265	
Mínimo	-6.431	-5.688	-6.305	-8.117	-5.973	-5.899	-6.432	-6.328	-5.714	
Máximo	6.194	9.393	9.116	8.659	7.584	27.927	8.598	7.476	10.380	
Mediana	-.058	.019	.111	-.062	-.053	-.012	.169	-.038	-.003	

**Tabla 6.59. Signed distance (mm) según Patrón y Clase**



		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
PPX_ABS	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	.542	.631	.798	.616	.675	.613	.660	.566	.581
	Desviación típica	.616	.716	1.025	.699	.748	.639	.768	.618	.677
	Mínimo	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Máximo	5.649	7.941	8.163	8.629	6.843	26.006	6.236	6.978	8.453
	Mediana	.357	.399	.452	.403	.427	.402	.382	.352	.373
PPY_ABS	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	.446	.474	.609	.461	.543	.421	.545	.449	.442
	Desviación típica	.508	.590	.830	.512	.644	.480	.685	.511	.507
	Mínimo	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Máximo	5.467	7.587	7.260	5.747	6.226	6.301	7.678	6.080	9.196
	Mediana	.271	.291	.334	.300	.324	.272	.317	.275	.293
PPZ_ABS	N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848
	Media	.348	.379	.485	.387	.439	.337	.352	.347	.336
	Desviación típica	.498	.584	.739	.549	.625	.498	.478	.498	.494
	Mínimo	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Máximo	6.086	8.623	8.443	6.092	6.192	16.366	6.120	5.389	7.356
	Mediana	.157	.165	.210	.175	.196	.166	.169	.162	.147

**Tabla 6.60. Vector distancia absoluta en eje x, y, z (mm) según Patrón y Clase**

		PATRON								
		Mesofacial			Braquifacial			Dolicofacial		
		CLASE			CLASE			CLASE		
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III	Clase I	Clase II	Clase III
N	653326	1234437	1147955	1876391	1283372	1433994	854361	1136231	885848	
Media	.910	1.013	1.291	.996	1.119	.936	1.051	.915	.930	
Desviación típica	.820	.971	1.365	.895	1.028	.823	1.020	.827	.861	
Mínimo	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
Máximo	6.431	9.393	9.116	8.659	7.584	27.927	8.598	7.476	10.380	
Mediana	.690	.731	.846	.766	.813	.730	.737	.694	.700	

**Tabla 6.61. Absolute distance (mm) según Patrón y Clase**

		ZONA			
		Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
PointTo Point AlongX	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	.042	-.218	.131	.034
	Desviación típica	.971	.994	1.098	.921
	Mínimo	-8.163	-6.308	-7.941	-8.163
	Máximo	26.006	5.733	26.006	8.629
	Mediana	.013	-.047	.083	.009
PointTo Point AlongY	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	.062	.307	.104	.029
	Desviación típica	.765	1.213	.755	.716
	Mínimo	-9.196	-4.817	-9.196	-6.404
	Máximo	7.678	7.678	7.260	6.578
	Mediana	.021	.095	.032	.014
PointTo Point AlongZ	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	-.082	-.233	-.115	-.060
	Desviación típica	.677	.933	.652	.658
	Mínimo	-16.366	-6.601	-16.366	-7.174
	Máximo	6.120	3.655	6.120	6.089
	Mediana	-.010	-.037	-.016	-.008

**Tabla 6.62. Vector distancia en eje x, y, z (mm) según zona**

	ZONA			
	Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
N	10505915	602560	2380325	7523030
Media	.142	.823	.286	.042
Desviación típica	1.407	1.688	1.470	1.341
Mínimo	-8.117	-4.308	-5.715	-8.117
Máximo	27.927	8.598	27.927	8.956
Mediana	.000	.562	.075	-.048

**Tabla 6.63. Signed distance (mm) según zona**

		ZONA			
		Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
PPX_ABS	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	.634	.647	.805	.579
	Desviación típica	.737	.786	.758	.717
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	26.006	6.308	26.006	8.629
	Mediana	.397	.364	.591	.350
PPY_ABS	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	.486	.832	.464	.466
	Desviación típica	.594	.934	.605	.544
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	9.196	7.678	9.196	6.578
	Mediana	.297	.518	.261	.297
PPZ_ABS	N	10505915	602560	2380325	7523030
	Media	.382	.590	.354	.375
	Desviación típica	.565	.759	.560	.544
	Mínimo	.000	.000	.000	.000
	Máximo	16.366	6.601	16.366	7.174
	Mediana	.173	.303	.162	.169

**Tabla 6.64. Vector distancia absoluta en eje x, y, z  
(mm) según zona**

	ZONA			
	Total	Cóndilo	Rama	Cuerpo
N	10505915	602560	2380325	7523030
Media	1.022	1.393	1.111	.964
Desviación típica	.977	1.259	1.004	.933
Mínimo	.000	.000	.000	.000
Máximo	27.927	8.598	27.927	8.956
Mediana	.749	1.012	.845	.705

**Tabla 6.65. Absolute distance (mm) según zona**

