

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS MUSCULARES EN LA BIOMECÁNICA DE LA CAVIDAD ORAL POR MEDIO DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

ANDRÉS FELIPE RODRÍGUEZ RAMÍREZ
MICHAEL ALEXANDER ROMERO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ, D.C.
2022

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CARGAS MUSCULARES EN LA BIOMECÁNICA DE LA CAVIDAD ORAL POR MEDIO DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

ANDRÉS FELIPE RODRÍGUEZ RAMÍREZ
MICHAEL ALEXANDER ROMERO RAMÍREZ

Proyecto de Investigación

PhD JOSÉ ALEJANDRO GUERRERO VARGAS

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2022

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Resumen

La masticación es la primera parte de la función digestiva y se realiza mediante la trituración de los alimentos. Durante la masticación se realiza un trabajo en forma coordinada entre los labios, los dientes, los maxilares y la articulación temporomandibular. Existen factores que inciden en el desarrollo de patologías en la cavidad bucal, las principales causas provienen de alteraciones en el sistema nervioso central, alteraciones musculares y alteraciones en el funcionamiento mecánico de la mandíbula. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio analiza la influencia de las cargas musculares en la biomecánica de la cavidad oral por medio del método de elementos finitos con el fin de identificar la influencia de los músculos en el proceso de masticación.

Para esto, se llevaron a cabo diferentes simulaciones por el método de elementos finitos analizando la distribución de las deformaciones totales y de los esfuerzos principales máximos y mínimos de los maxilares. Los resultados obtenidos evidenciaron las similitudes que existen entre los estudios que contemplan el accionamiento muscular y los estudios en donde las cargas musculares son omitidas. Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio proporciona una mejor comprensión del funcionamiento de la cavidad oral y permite tener una base fundamentada para determinar la influencia que tienen los músculos al realizar un estudio de tipo biomecánico del proceso de masticación.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Abstract

Chewing is the first part of the digestive function and is performed by grinding food. During mastication, the lips, teeth, jaws and temporomandibular joint work in coordination. There are factors that affect the development of pathologies in the oral cavity, the main causes come from alterations in the central nervous system, muscular alterations and alterations in the mechanical functioning of the jaw. Considering the above, the present study analyzes the influence of muscle loads on the biomechanics of the oral cavity by means of the finite element method to identify the influence of the muscles in the mastication process.

For this purpose, different simulations were carried out by the finite element method analyzing the distribution of the total deformations and the maximum and minimum principal forces of the jaws. The results obtained showed the similarities that exist between the studies that contemplate the muscular actuation and the studies where the muscular loads are omitted. Taking into account the above, this study provides a better understanding of the functioning of the oral cavity and provides a basis for determining the influence of the muscles when performing a biomechanical study of the masticatory process.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Contenido

Contenido	5
Tabla de Figuras	7
Capítulo 1	9
Introducción	9
Antecedentes	12
Objetivos de la tesis de investigación	15
Objetivo principal	15
Objetivos específicos	15
Descripción del trabajo	16
Capítulo 2	17
Marco teórico	17
Biomecánica	17
Anatomía de la cavidad bucal	17
Componentes esqueléticos de la cavidad bucal	19
Músculos que intervienen en la masticación	26
Ligamentos	34
Patologías en la cavidad bucal	40
Patologías en la ATM	40
Patologías en la oclusión	41
Maloclusión clase I, II y III	41
Mordida cruzada	42
Mordida abierta	43
Capítulo 3	44
Metodología	44
Reconstrucción geométrica a partir de la tomografía	44
Optimización de la geometría	47
Modelo de elementos finitos	49
Mallado	49
Propiedades mecánicas	52
Condiciones de frontera	53
Condiciones de carga	54
Validación y obtención de resultados	58
Capítulo 4	60
Resultados	60
Maxilar superior	60
Maxilar inferior	62

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 5	65
Discusión	65
Aplicación De Cargas De Masticación Arco Bucal Maxilar Superior	66
Aplicación De Cargas Musculares Maxilar Superior	73
Aplicación De Cargas Arco Bucal Maxilar Inferior.....	75
Aplicación De Cargas Musculares Maxilar Inferior.....	80
Capítulo 6	85
Conclusión Y Trabajos Futuros.....	85
Referencias	86

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla de Figuras

Figura 1 Tipos de dientes.	18
Figura 2 Movimiento mandibular.	20
Figura 3 Huesos del Macizo Facial.....	21
Figura 4 Huesos del Viscerocráneo.....	23
Figura 5 Articulación Temporomandibular.....	24
Figura 6 Articulación Temporomandibular.....	26
Figura 7 Músculo Masetero.	27
Figura 8 Músculo temporal.	28
Figura 9 Músculo pterigoideo medial.	29
Figura 10 Músculos pterigoideos laterales.	30
Figura 11 Músculo digástrico.....	31
Figura 12 Músculo milohioideo y Genihioideo.....	32
Figura 13 Músculo Estilohioideo.....	33
Figura 14 Músculos involucrados en la estructura facial.	34
Figura 15 Articulación tempomandibular.	35
Figura 16 Ligamento capsular.	36
Figura 17 Ligamento temporomandibular.....	38
Figura 18 Mandíbula, articulación temporomandibular y ligamentos accesorios.....	39
Figura 19 Ligamento Periodontal.....	40
Figura 20 Tipos de Maloclusiones.	42
Figura 21 Mordida Cruzada.....	43
Figura 22 Mordida Abierta.	43
Figura 23 Áreas de estudio.....	45
Figura 24 Geometría obtenida maxilar superior.	46
Figura 25 Geometría obtenida maxilar inferior.	47
Figura 26 Ensamble de los maxilares.....	49
Figura 27 Mallado en ANSYS para los maxilares.....	51
Figura 28 Calidad de los elementos.	52
Figura 29 Restricciones maxilar superior.	54
Figura 30 Restricciones maxilar inferior.	54
Figura 31 Condiciones de carga maxilar superior.	58
Figura 32 Condiciones de carga maxilar inferior.	58
Figura 33 Deformación total maxilar superior.....	61
Figura 34 Esfuerzo máximo maxilar superior.	61
Figura 35 Esfuerzo mínimo maxilar superior.	62
Figura 36 Deformación maxilar inferior.....	63

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 37 Esfuerzo máximo maxilar inferior	64
Figura 38 Esfuerzo mínimo maxilar inferior.	64
Figura 39 Simulación estática Incisivos centrales.	67
Figura 40 Distribución de carga 1000 N	68
Figura 41 Deformación total maxilar superior.	70
Figura 42 Esfuerzo máximo maxilar superior.	71
Figura 43 Esfuerzo mínimo maxilar superior.	72
Figura 44 Comparativa del modelo con cargas musculares esfuerzo máximo maxilar superior.	74
Figura 45 Comparativa del modelo con carga muscular esfuerzo Von-Mises maxilar superior.	75
Figura 46 Carga primer molar arco bucal derecho maxilar inferior.	76
Figura 47 Comparativa del modelo con la literatura cargas máximas.	77
Figura 48 Deformación total maxilar inferior.	78
Figura 49 Esfuerzo máximo maxilar inferior.	78
Figura 50 Esfuerzo mínimo maxilar inferior.	79
Figura 51 Modelo con cargas musculares maxilar inferior.	81
Figura 52 Modelo comparativo tensiones musculares.....	82

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 1

Introducción

La masticación se ha descrito como un proceso esencial en los seres humanos y, específicamente, como un proceso fundamental en la función digestiva. Distintos autores han descrito los múltiples beneficios de mascar (Durán, Rodríguez, De La Teja, & Zebadua, 2012), (Ayala, 1990). Por ejemplo, Paskay (2015), además de señalar la mejora en el proceso digestivo, propone otros beneficios dentro de los cuales sobresale el aumento del flujo sanguíneo cerebral, la extensión de concentración y la reducción del estrés (Paskay, 2015). El proceso masticatorio empieza a desarrollarse durante la etapa embriológica y fetal, prolongándose hasta la primera infancia y la niñez. La etapa de la masticación es originada desde que surge la función succionadora en las personas, estimulando así los músculos que intervienen en el proceso masticatorio (Durán, Rodríguez, De La Teja, & Zebadua, 2012). Para que este proceso se desarrolle por completo, el organismo debe lograr una interacción entre músculos dientes y huesos.

Distintas áreas del conocimiento han realizado estudios relacionados al proceso masticatorio, específicamente la ingeniería ha desarrollado algunos estudios de elementos finitos con el objetivo de llevar a cabo análisis biomecánicos en la cavidad bucal. Si bien describen las cargas en los huesos y dientes, no consideran la acción muscular. En el estudio realizado por Mejía Umaña y Calle Orjuela (2005), se analizaron

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

las afectaciones de las cargas masticatorias, teniendo en cuenta el ligamento periodontal, los dientes y la cámara pulpar, en este estudio se pudo concluir que el modelamiento por elementos finitos puede confirmar la presencia de concentradores de esfuerzo en la zona cervical cuando actúan en los dientes cargas oclusales atípicas (Mejía Umaña & Calle Orjuela, 2005). De igual manera, en el trabajo realizado por Gélvez, Velosa *et al* (2016), se omiten los efectos producidos por la acción muscular, analizando únicamente los dientes y huesos de la cavidad bucal mediante el método de elementos finitos, en este estudio se concluye que la zona con mayor concentración de estrés se presenta en la zona anterior, en el premolar y molar. (Gélvez, Velosa, & B., 2016).

Sin embargo, en otros estudios se ha identificado la importancia de los músculos en el proceso masticatorio y la relación que tienen con los trastornos temporomandibulares (TTM), (De Leeuw & Klasser, 2008) (Jiménez, y otros, 2016). En este sentido, Isaza *et al.* (2011) realizaron un estudio con el objetivo de conocer las tendencias de movimiento de la mandíbula humana ante la acción de un dispositivo de Tracción Cervical Mandibular. Sin embargo, aunque se simuló los músculos a través de la representación de las fibras musculares como líneas tridimensionales de dos nodos y un elemento, se restringieron todos los grados de movimiento de los músculos simulados en el estudio (Isaza, Correa, & Roldán, 2011).

Los estudios que consideran la acción muscular en el proceso masticatorio pueden enmarcarse en el área del conocimiento dedicada al estudio del movimiento. La

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

kinesiología estructural según diversos autores se define como el estudio de los músculos cuando estos se encuentran comprometidos en la ciencia del movimiento (Thompson & Floyd, 1999) (Bernascon & Bernascon, 2003) (Dominguez Guimaraes Duarte & Mercham-Hamann, 2004). Así mismo, investigaciones han utilizado la electromiografía (EMG), con el fin de visualizar el trabajo de los músculos y los nervios para verificar su correcto funcionamiento (Tankisi, y otros, 2020). Autores como Aristizabal *et al.* (2017), realizaron estudios con el fin de identificar el comportamiento de los músculos maseteros y temporales para lograr entender su funcionamiento. Esto mediante el uso de una electromiografía de superficie (EMGs) que es considerada válida para la evaluación de la función muscular masticatoria al permitir el registro de las corrientes eléctricas generadas por el músculo debido a diferencias de voltaje durante su actividad funcional (Aristizabal Hoyos, López Soto, & López Soto, 2017). En este estudio se logró identificar el accionamiento de los músculos masetero y temporal, aunque su análisis fue realizado por separado y en un solo costado de la cavidad bucal, asumiendo que la interacción muscular es igual en ambos costados.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se puede concluir que las simulaciones computacionales que se han realizado hasta el momento normalmente no tienen en cuenta los músculos. Por lo tanto, se encuentra un vacío en la comprensión del efecto de las cargas musculares que actúan en el proceso y se asumen las cargas de masticación únicamente en los dientes y huesos. De otro lado, es importante señalar que,

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

aunque se encuentran algunos estudios en los cuales se logró tener en cuenta el accionamiento muscular, los resultados obtenidos no evidencian de forma clara la influencia de los músculos en el funcionamiento de la cavidad bucal.

Antecedentes

Se han realizado diferentes investigaciones biomecánicas con el fin de evaluar el efecto de las cargas en el proceso de masticación. Gélvez, Pérez & Velosa *et al* (2016), realizaron un estudio donde se tuvo como objetivo la evaluación del efecto que tienen las fuerzas oclusales normales, nocivas y fisiológicas en el periodonto normal. Para ello realizaron un análisis por el método de elementos finitos, donde encontraron que la concentración de estrés se sitúa en los dientes, incisivo, premolar y molar localizados en la zona cervical vestibular (Gélvez Vera, Pérez Gutiérrez, & Velosa Porras, 2016).

Pérez del Palomar *et al*, detallaron el trabajo que realiza el disco articular. Para esto desarrollaron dos modelos de la articulación temporomandibular y se analizaron por medio de elementos finitos. Se encontró que las simulaciones efectuadas resultaron ser fieles al comportamiento Biomecánico de la Articulación Temporomandibular (ATM) real. Por otro lado, se demostró la necesidad de introducir modelos de comportamiento complejos para simular de manera real el funcionamiento de esta articulación (Pérez del Palomar, Cegoñino, López Arranz, & De Vicente, 2003).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Isaza Saldarriaga *et al*, realizaron la simulación numérica mediante el método de elementos finitos de la mandíbula ante las cargas de Tracción Cervical Mandibular (TCM). Se analizaron las tensiones y desplazamientos en diferentes planos y se obtuvo como resultado que hay concordancias entre la simulación y los resultados clínicos obtenidos previamente. Además, encontraron tendencias de desplazamiento mandibular que hasta la fecha no tenían explicación (Isaza Saldarriaga, Correa Veléz, & Roldán Restrepo, 2011).

Mejía Umaña *et al*, han estudiado las lesiones en los premolares, mediante el modelamiento por elementos finitos en dos y tres dimensiones de un premolar sometido a cargas normales de masticación. Con estos modelamientos se pudo identificar las zonas de alta concentración de esfuerzos en las regiones donde frecuentemente se exponen las lesiones, además, de la presencia de altos esfuerzos de compresión en la región cervical (Mejía Umaña & Calle Orjuela, 2005).

Fernández *et al*, realizaron la búsqueda en la literatura científica, de información que evidencie de forma clara la importancia de la musculatura en la biomecánica mandibular. Para esto utilizaron bases de datos como SCIELO, MEDLINE y PubMed. Se concluyó que la función de los músculos supra e infraioideos son esenciales para la biomecánica mandibular (Fernández, y otros, 2014).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Finalmente, en la Universidad ECCI se realizó como tesis de grado un estudio mediante el análisis biomecánico del efecto de las cargas de masticación de la estructura ósea mandibular, por medio de simulación computacional. Hallando el efecto de las fuerzas presentes en los maxilares mediante cargas estáticas y teniendo en cuenta las propiedades isotrópicas y ortotrópicas de los huesos. Para así, poder determinar las afectaciones estructurales en la cavidad bucal (Alonso & Torres, 2019).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Objetivos de la tesis de investigación

Objetivo principal

Analizar la influencia de las cargas musculares en la biomecánica de la cavidad oral por medio del método de elementos finitos.

Objetivos específicos

- Establecer los músculos involucrados en el proceso masticatorio, comprendiendo su funcionamiento en la cavidad oral.
- Realizar la reconstrucción tomográfica de la estructura mandibular, obteniendo un modelo para la aplicación de las cargas.
- Determinar, por medio de la literatura, o software libre como OpenSim, las cargas presentes en los músculos bucales durante el proceso masticatorio, para su posterior vinculación al modelo.
- Observar el efecto de las cargas en la respuesta biomecánica de la cavidad oral durante la masticación.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Descripción del trabajo

Inicialmente se encontrará la introducción al tema de investigación, realizando el desarrollo conceptual y la delimitación de la investigación por medio de los objetivos. En el capítulo dos se describe la anatomía de la cavidad bucal, así como los componentes esqueléticos de la mandíbula, los músculos más relevantes que intervienen en el proceso de la masticación y los elementos de mayor importancia en la misma. En la tercera parte de la investigación se describe la metodología utilizada partiendo de la reconstrucción tomográfica, siguiendo con los diferentes softwares utilizados hasta llegar al Modelo CAD y simulación computacional.

El cuarto capítulo contiene los resultados obtenidos para el modelo desarrollado con un sistema de cargas estáticas mediante la estandarización de las fuerzas utilizadas en el modelo planteado. En el quinto capítulo se presenta la discusión basada en los resultados obtenidos mediante una comparación, validación y análisis con otros estudios similares. Finalmente, en el sexto capítulo se describen las conclusiones obtenidas de la investigación realizada.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 2

Marco teórico

Biomecánica

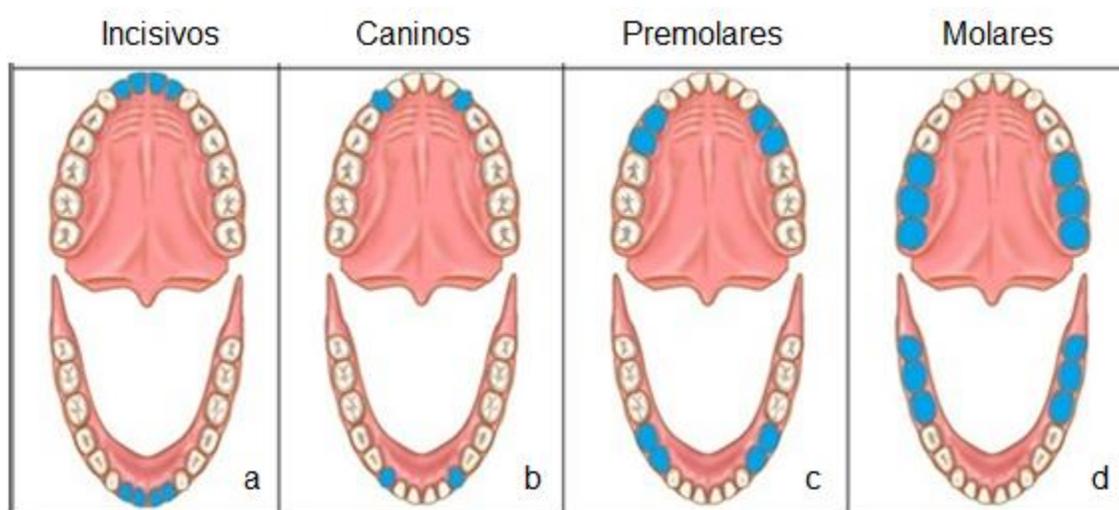
Este término fue descrito por primera vez en el año 352 a. C por Aristóteles de Stagira, en Macedonia, describiendo la estructura corporal, el movimiento y desplazamiento de los animales. Pero no fue sino hasta los años 60 que la biomecánica toma importancia a nivel mundial por medio de un congreso llevado a cabo en Leipzig. Este tenía como temática principal la biomecánica de los movimientos deportivos (Aguilar Gutiérrez, 2000). La biomecánica estudia a los seres vivos desde la mecánica, tratando de dar respuesta a la relación de magnitudes físicas, mediante la aplicación de las leyes mecánicas a la estructura de los cuerpos (Voegeli, 2003) (Izquierdo & Redín, 2008). Otros autores definen la biomecánica como una ciencia que determina las fuerzas internas y externas que actúan sobre el cuerpo humano analizando como estas pueden afectar la estructura corporal de las personas. (Hay, 1978) (Becerra, 2005).

Anatomía de la cavidad bucal

Dientes: Los dientes son órganos anatómicos mineralizados duros que constituyen el sistema dentario. Estos órganos son los encargados del primer segmento del sistema digestivo por medio de la cavidad bucal cumpliendo con la función de

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

trituración de los alimentos (Ilerna, 2018). Por lo general, las personas cuentan con 16 dientes tanto en el maxilar superior como en el inferior. Estos dientes pueden dividirse en 4 tipos (Figura 1), donde cada tipo cumple una función específica dentro del proceso masticatorio (Blanco Moreno, s.f.).



*Figura 1 Tipos de dientes.
Imagen tomada de clínica Ruíz Estrada. (Ruiz, 2018)*

Los dientes incisivos (Figura 1a) tienen como función principal cortar la comida en trozos pequeños. Los caninos (Figura 1b) se encargan de desgarrar los alimentos fibrosos. Los premolares (Figura 1c) actúan una vez desgarrada o cortada la comida iniciando el proceso de trituración que finalmente terminaran los dientes molares (Figura 1d) ayudando a ingerir los alimentos de manera más fácil (Blanco Moreno, s.f.).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Componentes esqueléticos de la cavidad bucal

Mandíbula o maxilar inferior: La mandíbula humana se encuentra constituida por un hueso en forma de u, conocido como maxilar inferior. Se halla en contacto con el maxilar superior por medio de los tejidos blandos como ligamentos y músculos (Ibáñez Mancera, 2015). La función principal de la mandíbula es dar soporte a los 16 dientes ubicados en la zona inferior. Además de permitir el movimiento para realizar el proceso de masticación (Hay, 1978).

La mandíbula genera varios tipos de movimientos entre los que sobresalen el movimiento de rotación y el movimiento de translación. El movimiento de rotación se realiza en la apertura y cierre bucal, y se genera entre la superficie superior del cóndilo maxilar y la superficie inferior del disco articular (Daza, 2018). El movimiento de rotación toma como referencia el plano horizontal donde se visualiza el movimiento de bisagra de la mandíbula, mientras que el movimiento de translación toma como referencia el plano frontal, en donde se puede visualizar el desplazamiento del cóndilo maxilar de atrás hacia adelante (Figura 2).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

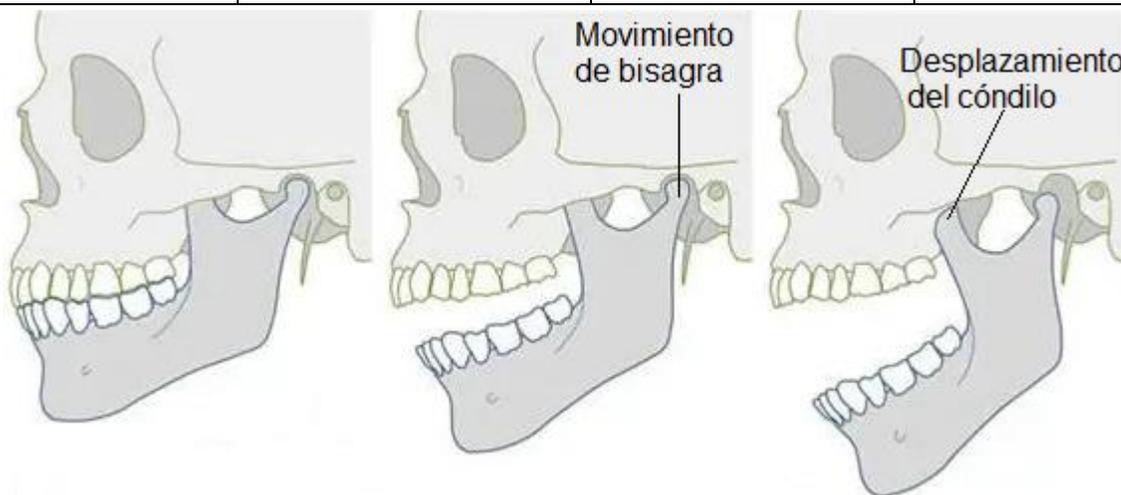
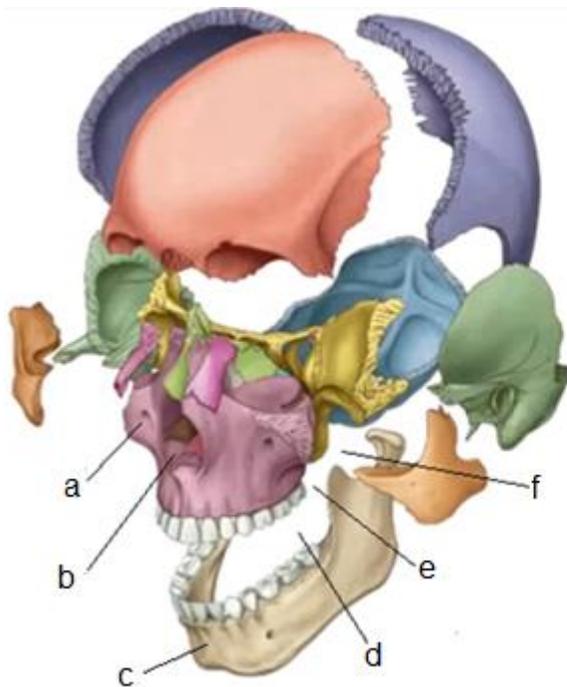


Figura 2 Movimiento mandibular.
 Tomada de adfisoterapiavalencia (Fisioterapia Valencia, s.f.)

Maxilar superior: El maxilar superior (Figura 3a), es un hueso en forma cuadrilátera, compuesto por dos huesos simétricos que delimitan entre sí en la apófisis palatina. A su vez la apófisis palatina se divide en dos; la apófisis supra palatina e infra palatina (Okeson, 2013). El maxilar superior también cuenta con dos caras, la cara interna y la cara externa. Además, contribuye a formar las fosas nasales (Figura 3b), la cavidad orbitaria, la bóveda palatina (Figura 3d), la fosa cigomática (Figura 3e) y la fosa pterigomaxilar (Figura 3f).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



a	Hueso Maxilar Superior
b	Fosas Nasales
c	Hueso Maxilar Inferior
d	Bóveda Palatina
e	Fosa Cigomática
f	Fosa Pterigomaxilar

Figura 3 Huesos del Macizo Facial.
Tomada de Anatomía María J. Vázquez (Vázquez Nolasco, s.f.)

Huesos nasales: Los huesos nasales (Figura 4a), forman la raíz y el puente de la nariz. Están localizados en la apófisis ascendente del maxilar superior y se puede visualizar como una lámina cuadrilátera con dos caras, que tienen como función estática el soporte de la nariz. Los huesos nasales están constituidos por cartílagos triangulares, cartílagos alares y músculos finos (Ricard, 2005).

Huesos lagrimales: El hueso lagrimal (Figura 4b) o también conocido como Unguis, es el hueso de menor tamaño en la cara y se encuentra formando la pared interna

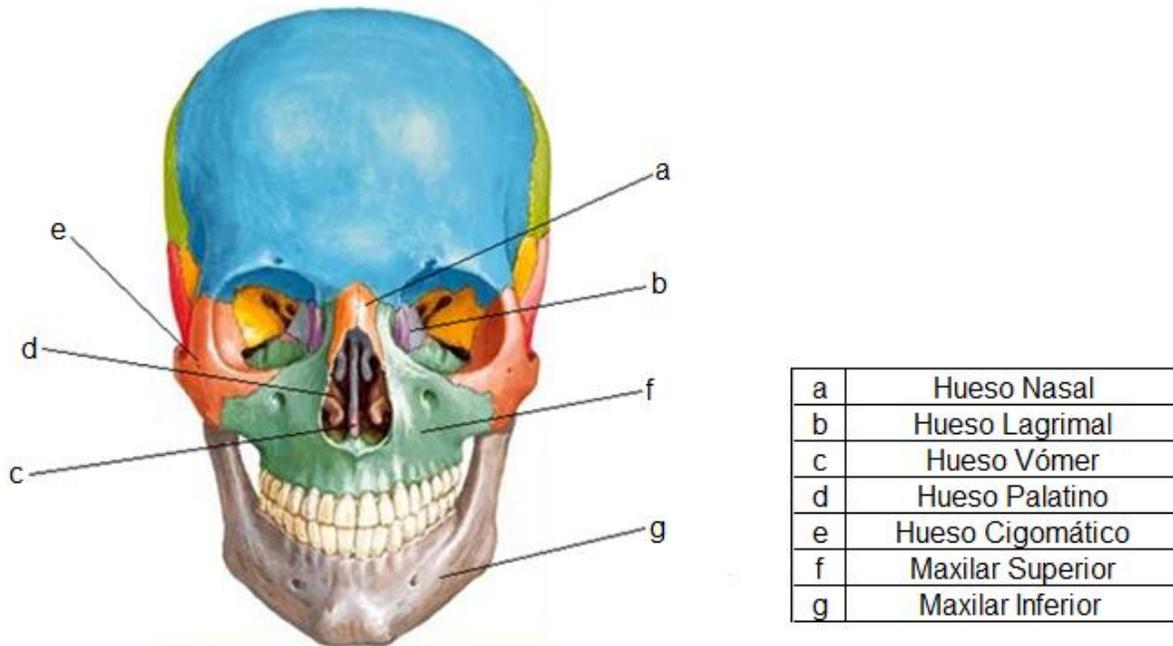
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

de la órbita ocular. Su estructura es cuadrilátera irregular y se ubica cerca de los huesos nasales (Suarez, y otros, 2007).

Hueso vómer: El hueso vómer (Figura 4c) es un hueso plano de estructura cuadrangular, se ubica en medio de las fosas nasales, y tiene como función principal apoyar el tabique. Se articula con el esfenoides, etmoides, los palatinos y con el maxilar superior (Suarez, y otros, 2007).

Huesos palatinos: Los huesos palatinos (Figura 4d) son huesos cortos y compactos de estructura irregular en forma de L, se encuentran ubicados en la zona inferior del maxilar superior, formando parte del suelo y la pared lateral de la cavidad nasal (Infante Contreras, 2009).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 4 Huesos del Viscerocráneo
Tomada de Sistemas Funcionales (Vasquez Artega, 2019)*

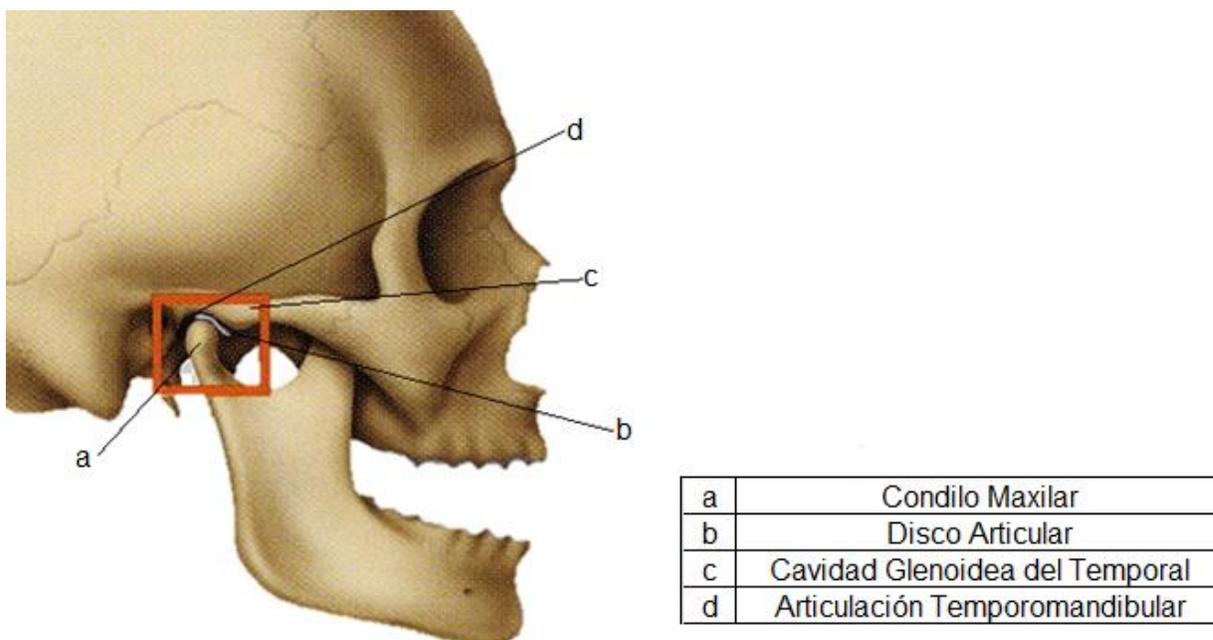
Articulación temporomandibular (ATM)

Es una articulación sinovial que une la mandíbula al cráneo y los cóndilos al hueso temporal. En un adulto los cóndilos tienen entre 15 y 20 milímetros de longitud y entre 8 y 10 milímetros de ancho (Quijano Blanco Y. , 2011). Debido a la inclinación de la rama mandibular los cóndilos tanto izquierdo como derecho se cortan formando un ángulo aproximado entre 145 y 160 grados. Está articulación es descrita como una articulación gínglimoartrodial, debido a que, por un lado, permite en un plano un movimiento de

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

bisagra definido como una articulación gínglimoide, y por otro lado permite movimiento de desplazamiento clasificado como una articulación artrodial (Fernández A. B., 2012).

La ATM se ubica entre el cóndilo maxilar y la cavidad glenoidea como se muestra en la (Figura 5d). Cuenta con un disco articular el cual es un cartílago flexible, que sirve de amortiguador entre el hueso maxilar y el temporal. Además, la ATM se une al músculo pterigoideo lateral (Hay, 1978)



*Figura 5 Articulación Temporomandibular
Tomada de (Knapp, 2018)*

Cóndilo maxilar o mandibular

Los cóndilos maxilares (Figura 5a) son estructuras simétricas ovaladas, cubiertas por tejido articular fibroso y denso. Consta de tres estructuras anatómicas: La cabeza del

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

cóndilo, el cuello del cóndilo y la fosa pterigoidea. El cóndilo y el disco articular se desplazan a la eminencia mandibular cuando se realiza el proceso de apertura de la boca (Quijano Blanco Y. , 2011).

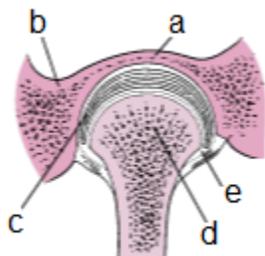
Disco articular

El disco articular (Figura 5b) se encuentra situado entre el cóndilo y la fosa glenoidea el cual evita que la articulación entre ellos dos se genere de forma directa. Este disco está formado por un tejido conjuntivo fibroso sin vasos sanguíneos y sin fibras nerviosas (Velarde Huanca A. R., 2012).

Fosa glenoidea

Como se describe en el hueso temporal (Figura 6b), la fosa glenoidea (Figura 6a), es la encargada de guiar al cóndilo por su superficie durante el movimiento del mismo. El grado de convexidad de esta fosa es quien determina el recorrido del cóndilo en los movimientos de la apertura de la mandíbula (Velarde Huanca A. R., 2012).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



a	Fosa Glenoidea
b	Hueso Temporal
c	Disco Lateral
d	Condilo Mandibular
e	Cápsula articular

*Figura 6 Articulación Temporomandibular
Tomada de Manual MSD (Manual msd, s.f.)*

Músculos que intervienen en la masticación

Masetero: Es el músculo más fuerte del cuerpo humano, su estructura es de forma rectangular, se origina en el arco cigomático, extendiéndose hasta la cara lateral del borde inferior de la rama de la mandíbula. Se encuentra dividido en dos partes: la parte superficial constituida por fibras con trayectoria descendente, ligeramente hacia atrás, y la parte profunda que se encuentra formada por fibras en dirección vertical (Figura 7). Es el encargado de elevar la mandíbula y cerrar la boca en coordinación con el músculo temporal. El músculo masetero es capaz de llegar a ejercer una fuerza de masticación de hasta 90 kilogramos (Okeson, 2013).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

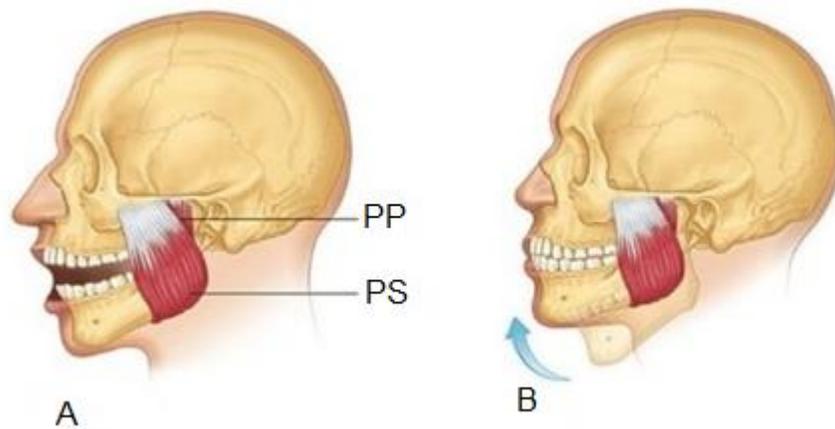


Figura 7 Músculo Masetero.
PP, parte profunda; PS, parte superficial. B función: elevación de la mandíbula.
Tomada de Okeson J.P (Okeson, 2013)

Temporal: Está situado en la parte lateral del cráneo y la fosa temporal, su estructura es similar a la de un abanico. Las fibras se unen en la trayectoria descendente entre el arco cigomático y la superficie lateral del cráneo, formando así un tendón que se introduce en la apófisis coronoides y el borde anterior de la rama ascendente.

Se divide en tres zonas: la zona anterior que está formada por fibras en dirección casi vertical, la zona media que forma fibras en un trayecto oblicuo y se localiza en la cara lateral del cráneo, y la zona posterior formada por fibras ubicadas en forma horizontal en dirección hacia adelante. (Figura 8) (Pepicelli, Woods, & Briggs, 2005). Cuando este músculo se contrae permite que la mandíbula, se eleve, y los dientes superiores e inferiores entren en contacto.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

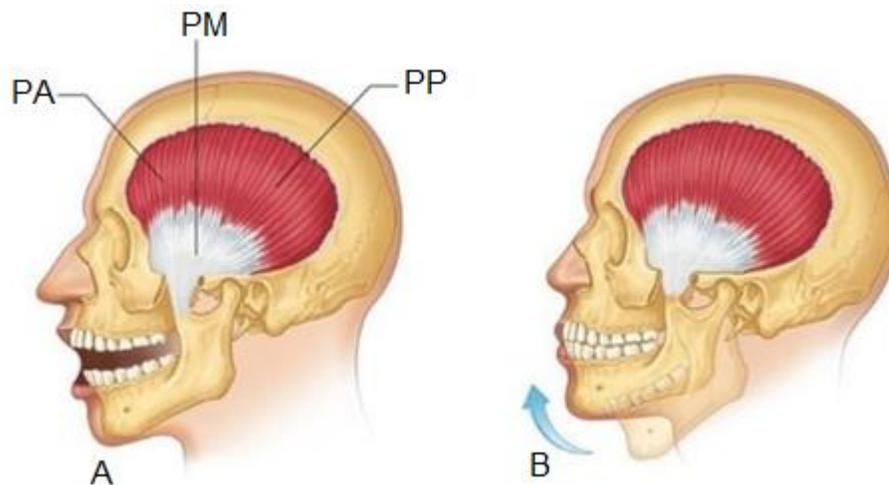
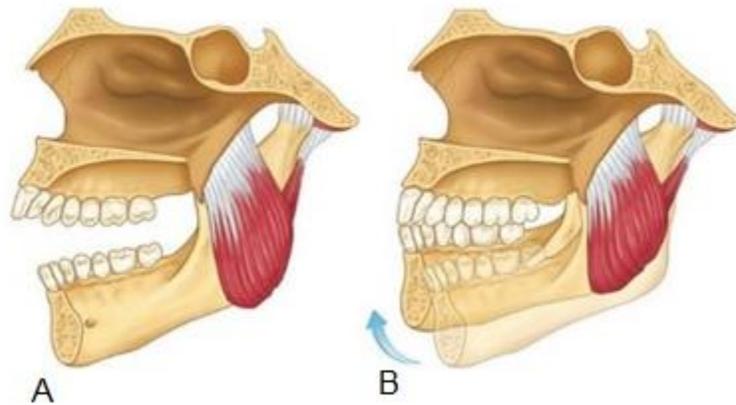


Figura 8 Músculo temporal.
PA, parte anterior; PM, parte media; PP parte posterior. B elevación de la mandíbula.
Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)

Pterigoideo medial: Este músculo inicia en la fosa pterigoidea y se extiende hacia atrás, hacia afuera y hacia abajo para finalizar en la superficie interna del ángulo mandibular. Junto con el músculo masetero forman el cabestrillo muscular que soporta la mandíbula en el ángulo mandibular (Figura 9). Al igual que el músculo temporal, cuando se contrae, los dientes entran en contacto. La contracción unilateral genera un movimiento de mediotrusión mandibular (Sobotta, 2006).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



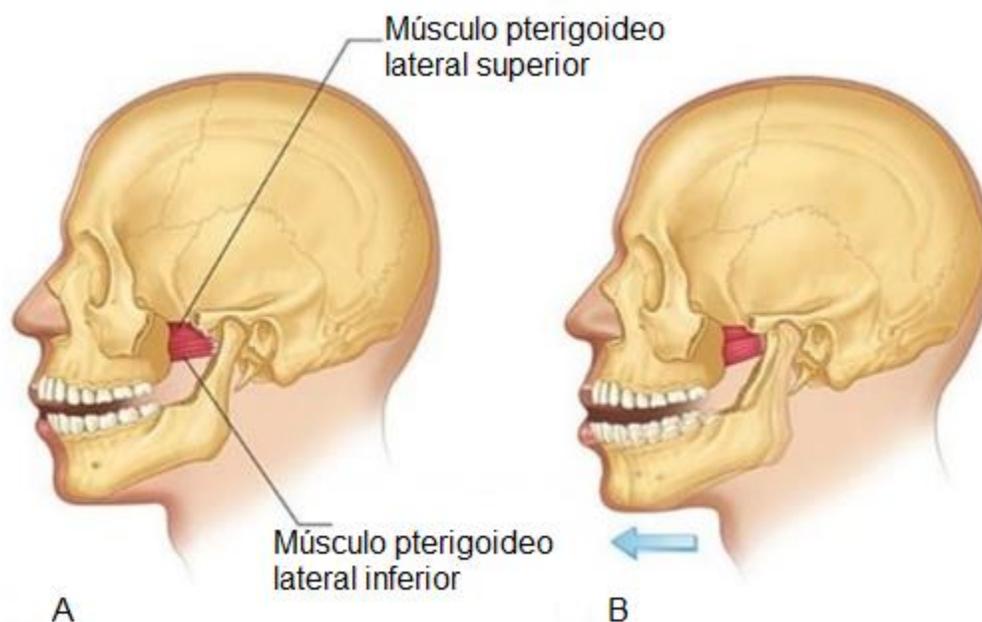
*Figura 9 Músculo pterigoideo medial.
B función: elevación de la mandíbula. Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Pterigoideo lateral: Este músculo se divide en dos secciones, la superior y la inferior. La musculatura inferior se origina en la superficie externa de la lámina pterigoidea lateral, extendiéndose hacia atrás, hacia arriba y hacia afuera introduciéndose en el cuello del cóndilo. Es aproximadamente tres veces más grande que el pterigoideo superior.

El pterigoideo superior se origina en la superficie infratemporal del esfenoides, se extiende horizontalmente, hacia atrás y hacia afuera, hasta su inserción en la cápsula articular, en el disco y en el cuello del cóndilo (Figura 10) (Okeson, 2013).

Mientras que el pterigoideo inferior actúa durante la apertura, el superior se encuentra inactivo, y solo se activa junto con los músculos elevadores. El pterigoideo superior entra en función al morder con fuerza y al mantener los dientes juntos (Hay, 1978).

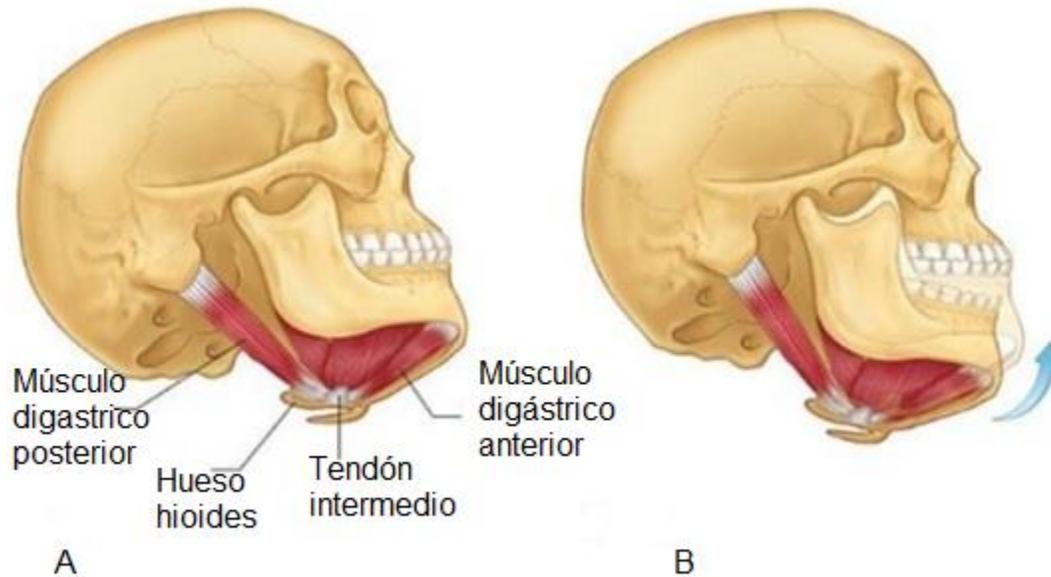
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 10 Músculos pterigoideos laterales.
B protrusión de la mandíbula. Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Digástrico: Generalmente el músculo digástrico no es considerado un músculo involucrado en el proceso de masticación, aunque tiene una gran influencia en el funcionamiento de la mandíbula. Se encuentra dividido en dos, la zona posterior que se origina en la escotadura mastoidea, sus fibras fluyen hacia adelante, hacia abajo y hacia dentro hasta el tendón intermedio, en el hueso hioides. La zona anterior se origina en la fosa sobre la superficie lingual de la mandíbula, sus fibras fluyen hacia abajo y hacia atrás, insertándose en el tendón que llega a la zona posterior (Figura 11) (Newton, Abel, Robertson, & Yemm, 1987).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

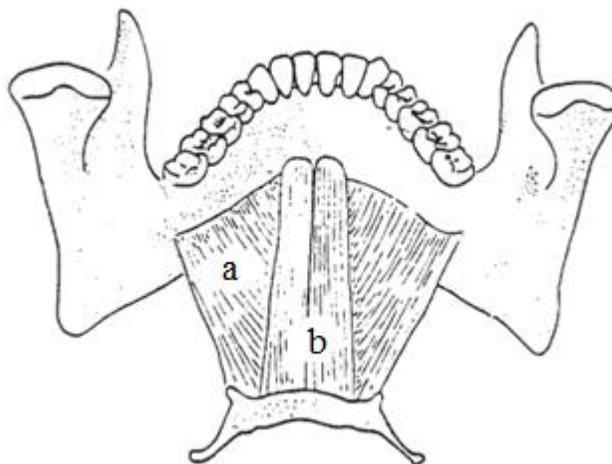


*Figura 11 Músculo digástrico.
B función depresión de la mandíbula. Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

El músculo digástrico es otro de los músculos que hace descender la mandíbula y elevar el hueso hioides. En general los músculos que van de la mandíbula al hueso hioides se le conoce como suprahioides, y los que se desplazan del hueso hioides a la clavícula y al esternón se les conoce como infrahioides (Ingervall & Thilander, 1974).

Milohiideo: Este músculo forma un diafragma muscular que funciona como suelo de la boca. Es un músculo plano, de estructura trapezoidal, ubicado en la zona anterior del digástrico (Figura 12a). Su trabajo consiste en elevar el hueso hioides y la lengua, ayudando a la deglución (Ayala, 1990).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

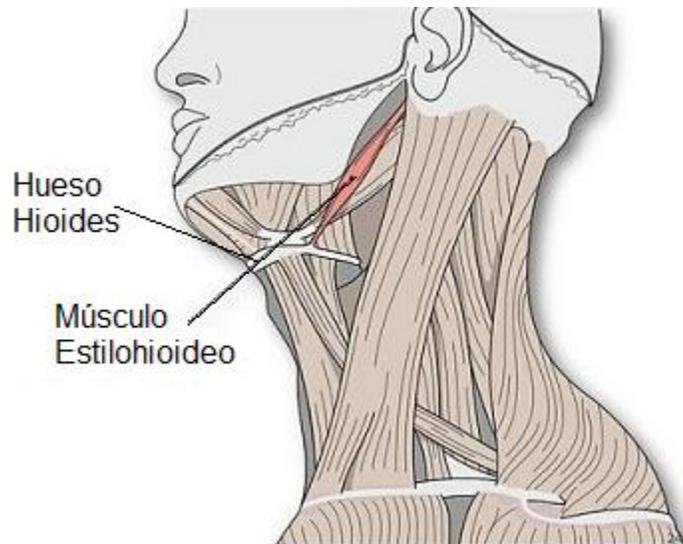


*Figura 12 Músculo milohioideo y Genihioideo
Músculo milohioideo (a), genihioideo (b). Tomada de Hylander. (Hylander, 1979)*

Genihioideo: Es un músculo en forma de cordón el cual tiene su origen en la apófisis geniana, por debajo del hueso hioides, y se prolonga hasta la cara lingual de la sínfisis mandibular. Actúa como depresor de la mandíbula (Figura 12b) (Hylander, 1979).

Estilohioideo: Es un músculo delgado de estructura circular que se origina en la apófisis estiloide prolongándose hasta el hueso hioides. Este músculo se puede dividir en dos, rodeando el tendón intermedio del digástrico. Su función no se encuentra bien definida, aunque tiene influencia al elevar el hueso hioides (Figura 13) (Okeson, 2013).

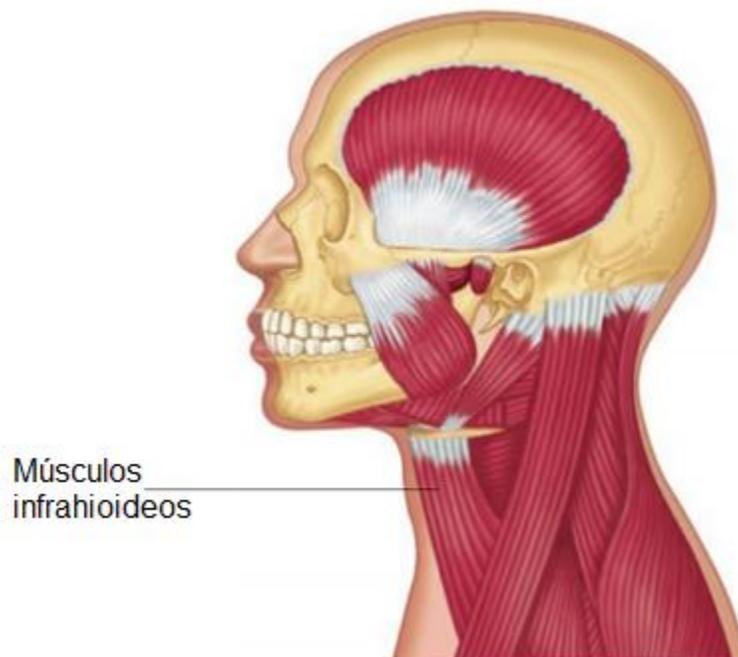
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 13 Músculo Estilohioideo.
Tomado de Anatomía Topográfica. (Caceres, 2018)*

Infracioideo: Este músculo lo conforman cuatro músculos; el omohioideo, el esternohioideo, el tirohioideo y el esternotiroideo (Figura 14). Este grupo muscular contribuye al descenso mandibular durante la apertura de la boca (Sobotta, 2006).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 14 Músculos involucrados en la estructura facial.
Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Ligamentos

Los ligamentos, conformados por tejido colágeno, generan la unión de un hueso con otro dentro de las articulaciones. Funciona como propio receptor y debido a esto posee la capacidad de dar estabilidad y control a toda la articulación mientras se ejercen movimientos. Cuando a un ligamento se le someten sobrecargas pierden parte de su capacidad funcional, por lo tanto, afecta el trabajo eficaz de toda la articulación (Bahr & Maehlum, 2007) (Americana).

Ligamentos colaterales: Son los encargados de fijar los bordes interno y externo del disco articular. También se conocen como ligamentos discales y se dividen en dos.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El primero llamado ligamento discal medial el cual une el borde medial o interno del disco articular al polo interno o medial del cóndilo. El segundo es el ligamento discal lateral encargado de unir el borde lateral o externo del disco articular al polo externo o lateral del cóndilo (Figura 15) (Anselmo Apodaca, 2004).

Están conformados por fibras de colágeno muy densas, así restringen su estiramiento. Su función se basa restringir los movimientos del disco articular, haciendo que este se desplace suavemente cuando el cóndilo se traslada anteriormente realizando el movimiento de bisagra (Okeson, 2013).

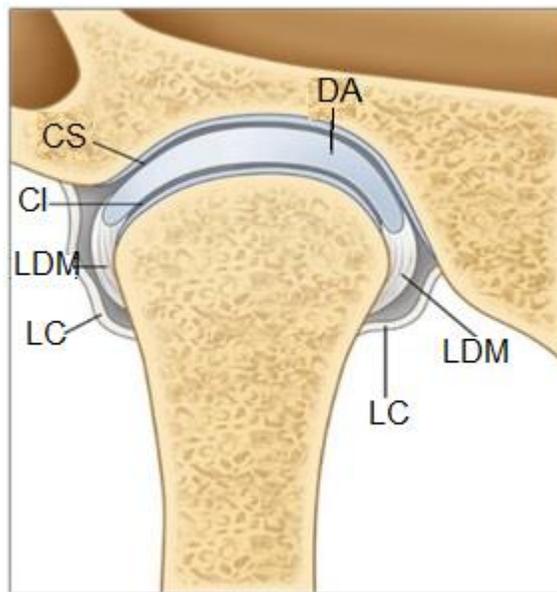
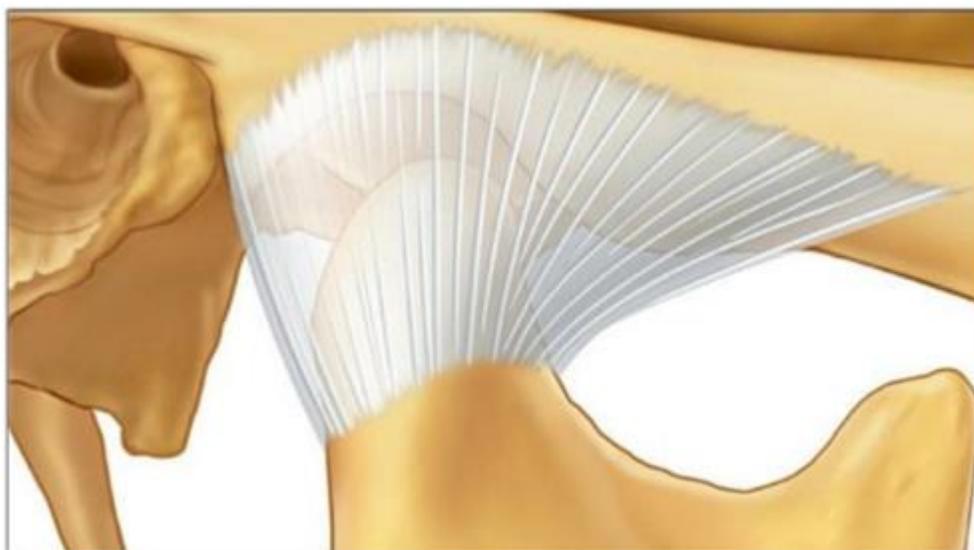


Figura 15 Articulación tempomandibular.
CI, cavidad articular inferior. CS, cavidad articular superior. DA, disco articular. LC, ligamento capsular. LDL, ligamento discal lateral. LDM, ligamento discal medial. Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ligamento capsular: Este ligamento rodea toda la ATM (Figura 15 y 16) en su parte superior sus fibras se insertan en el hueso temporal a lo largo de la fosa mandibular y la eminencia articular. En su parte inferior se une al cuello del cóndilo. Su función consiste en oponer resistencia a las fuerzas que se puedan presentar de forma medial, lateral o inferior, las cuales lograrían separar la ATM. Además de contener toda la ATM, este ligamento también contiene líquido sinovial que trabaja como lubricante dentro de la articulación (Rojas Garza, 2009).



*Figura 16 Ligamento capsular.
PHI, porción horizontal interna. PHO, porción oblicua externa. Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Ligamento temporomandibular: De igual manera que el ligamento colateral, el ligamento temporomandibular se divide en dos partes. Una de ellas se denomina como la porción externa, es de forma oblicua e inicia en zona externa la eminencia articular

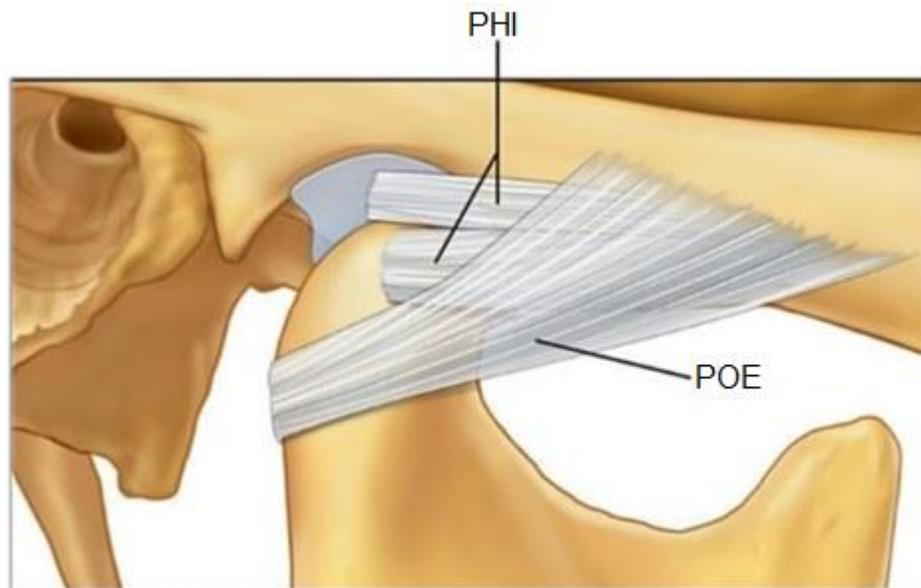
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

hacia el cuello del cóndilo en su zona posterior. La segunda, se denomina como la parte interna, inicia en la misma superficie de la parte externa, pero este se dirige de forma lineal hacia el polo lateral del cóndilo y la parte posterior del disco articular (Figura 17) (Anselmo Apodaca, 2004).

La porción externa mantiene al cóndilo en una posición estable, evitando que este se caiga limitando de esta manera la apertura de la boca; en este movimiento el ligamento se tensiona y permite la apertura de la boca alrededor de los 20 a 25 mm. (Okeson, 2013)

La porción interna evita que tanto el disco articular como el cóndilo se muevan en el plano posterior ya que cuando se aplican fuerzas de desplazamiento posterior estos ligamentos se tensionan evitando que el cóndilo se dirija hacia afuera de la fosa mandibular. A su vez se encarga de proteger al músculo pterigoideo lateral, ya que impide una distensión abrupta (Quijano Blanco Y. , 2011).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



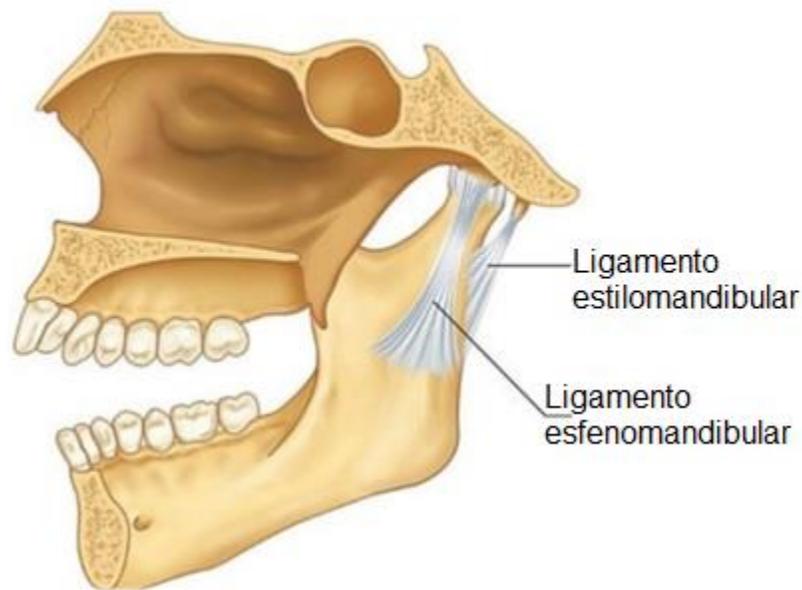
*Figura 17 Ligamento temporomandibular.
PHI limita el movimiento hacia atrás del cóndilo y disco, POE limita apertura extensiva.
Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Ligamento esfenomandibular: Es uno de los dos ligamentos denominados accesorios. Se origina en la punta del esfenoides (hueso temporal) hasta una parte de la mandíbula denominada lín-gula, que se encuentra situada en la superficie media de la rama de la mandíbula. Este ligamento no tiene efectos importantes dentro del movimiento mandibular. Su función es unir las apófisis pterigoideas del esfenoides con la mandíbula en la zona interna (Okeson, 2013) (Quijano Blanco Y. , 2011).

Ligamento estilomandibular: Este ligamento es el segundo considerado como accesorio. Tiene su inicio en la apófisis estiloides y se extiende hacia el ángulo y el borde posterior de la mandíbula (Figura 18). Cuando se genera apertura en la boca este ligamento se encuentra relajado, pero cuando existe un movimiento de protrusión en el

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

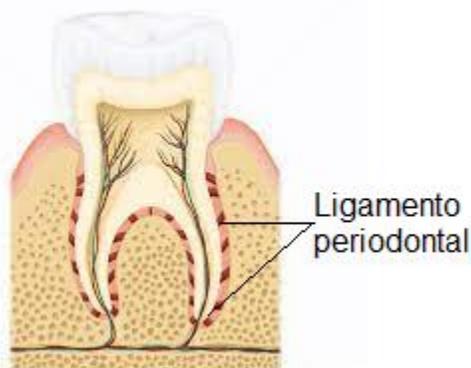
maxilar inferior, este se tensiona, evitando así movimientos de protrusión exagerados en la mandíbula (Okeson, 2013) (Quijano Blanco Y. , 2011).



*Figura 18 Mandíbula, articulación temporomandibular y ligamentos accesorios.
Tomada de Okeson J.P. (Okeson, 2013)*

Ligamento periodontal: Es el encargado de unir la raíz del diente al hueso alveolar mediante un gran conjunto de fibras iniciando en el cemento del hueso (tejido dental) y siguiendo un trayecto irregular hasta el hueso. El conjunto de fibras se denomina como tejido periodontal, y se encargan de fijar el diente al hueso y de absorber las fuerzas al realizar el proceso de masticación (Figura 19) (Rojas Garza, 2009).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 19 Ligamento Periodontal.
Tomada de (Roman, 2020)*

Patologías en la cavidad bucal

La patología es la disciplina que se encarga de conocer, analizar y explicar de manera racional los fenómenos que originan los cambios estructurales en células, tejidos y órganos (Rodríguez Velasco, s.f.). Dado que los músculos desarrollan un papel importante en el funcionamiento de la cavidad bucal, es necesario conocer su influencia dentro del proceso masticatorio. A continuación, se describirán las patologías más relevantes en la zona mandibular.

Patologías en la ATM

Los trastornos temporomandibulares son aquellos problemas clínicos que involucran la ATM, los músculos masticatorios y en ocasiones ambos (Jiménez, y otros, 2016). Las patologías de la ATM son caracterizadas por sensibilidad o chasquidos, así como limitaciones en los movimientos mandibulares, dolor muscular, dolor de cabeza, entre otros (Barcelona U. d., 2016) Así mismo se ha adjudicado los trastornos de la ATM a

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

problemas relacionados con el bruxismo, desgaste en el disco o el cartílago de la articulación, afectaciones por artritis y estrés. (Maxilofacial, Instituto Maxilofacial, 2018).

Patologías en la oclusión

Maloclusión clase I, II y III: La clasificación de la mordida (oclusión) se basa en la relación correcta que haya entre los dientes tanto del maxilar superior como del inferior. Cuando se presenta un problema en el cierre de la boca, se dice que existe una maloclusión (Friedländer, 2019). Estas pueden causar problemas funcionales como desgaste de los dientes, problemas en la masticación y digestión, problemas en la ATM, además de presentar un desequilibrio en las fracciones del rostro (Maxilofacial, Instituto Maxilofacial, 2019).

Las maloclusiones se pueden categorizar en tres clases diferentes: la clase I, es aquella que presenta una relación normal entre los dientes y los maxilares. Esta es la oclusión correcta (Ugalde Morales, 2007). La clase II, se da cuando la mandíbula se encuentra retraída. Los dientes superiores frontales tienen una proyección más adelantada que los dientes y la mandíbula inferior (Almandoz Calero, 2011) . Finalmente, la maloclusión clase III, se da cuando los molares inferiores se encuentran adelantados y no encajan en los molares superiores, es decir, que la proyección del maxilar inferior esta por delante del maxilar superior (Odontologos, 2017). En la (Figura 20) se evidencia el comportamiento de los diferentes tipos de maloclusiones.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 20 Tipos de Maloclusiones.
Tomada de Clínica dental. (Clínica, 2020)*

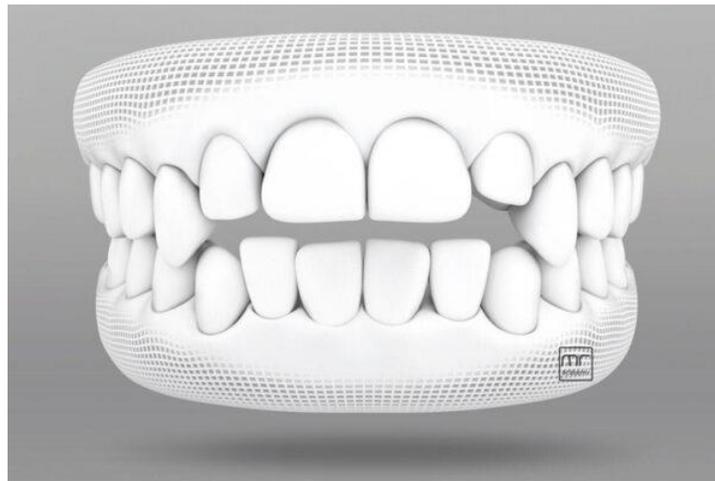
Mordida cruzada: se presenta cuando existe una relación incorrecta entre el hueso maxilar superior y la mandíbula ocasionando que las piezas dentales superiores queden por detrás de los inferiores (Rodium, 2019) uno de los principales problemas de esta mordida es que los dientes no reciben las fuerzas adecuadamente ocasionando problemas en los lugares adyacentes como la encía que los rodea (Bratos, 2021). Existen varios tipos de mordida cruzada entre los cuales se destacan: la mordida cruzada anterior, la cual afecta la parte delantera de la boca. La mordida cruzada posterior, donde se ve afectada la zona trasera de la cavidad bucal. La mordida cruzada unilateral, que afecta un costado de la boca tal como se puede observar en la (Figura 21).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 21 Mordida Cruzada.
Tomada de Clínica dental. (Clinica, 2020)*

Mordida abierta: se presente cuando no existe un contacto adecuado entre los dientes superiores e inferiores generando así un espacio visible entre ellos (Rodium, 2019), en la (Figura 22) se evidencia gráficamente la afectación de esta mordida.



*Figura 22 Mordida Abierta.
Tomada de Manuel Román. (Roman, 2020)*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 3

Metodología

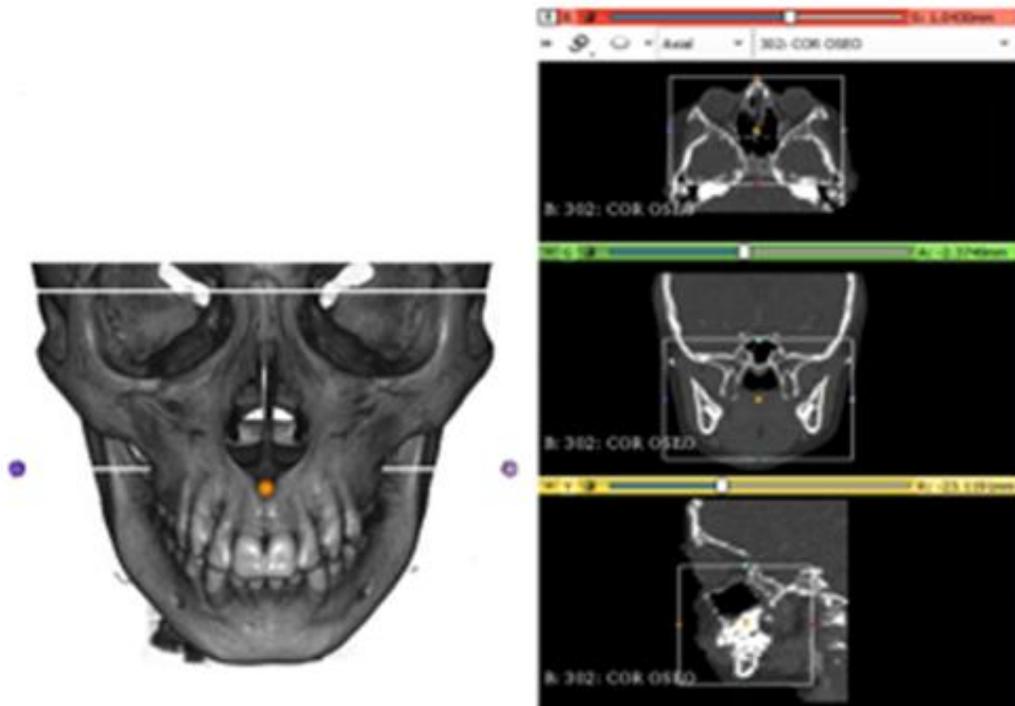
Reconstrucción geométrica a partir de la tomografía

Para la obtención del modelo 3D usado durante el desarrollo de esta investigación fue necesario hacer uso de una tomografía computarizada (TC). Una TC es un estudio médico llevado a cabo mediante rayos x con el objetivo de estudiar el cuerpo humano (Calzado & Geleijns, 2010). Puede ser requerida para varias finalidades como diagnóstico de tumores, estudios de patologías, detección de lesiones internas (Finlayson, 2008). La TC fue brindada por el semillero de investigación DIMBIO de la Universidad ECCI y pertenece a una persona adulta sin ningún tipo de patología ni malformaciones.

Como primera instancia en la reconstrucción del modelo geométrico se usó el software libre 3D Slicer versión 4.10.2 (Grupo de desarrolladores a nivel mundial 3D Slicer, USA). Este programa permite el estudio, visualización y la reconstrucción de modelos a partir de imágenes médicas por medio del formato DICOM. Por medio del módulo DCM es posible cargar la TC y obtener sus tres vistas ortogonales en 2D. Debido a que es un software para análisis médico, tiene incluido varias opciones para el estudio de la TC, dentro de las que se encuentran el sistema muscular, nervioso, óseo, vascular, entre otras. Por la finalidad de nuestro estudio se opta por la opción ósea.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Para seleccionar correctamente las áreas de trabajo nos apoyamos en el módulo VOLUME RENDERIGN ya que nos aporta una vista tridimensional del cráneo. Dentro del módulo CROP VOLUME procedemos a seleccionar las áreas de trabajo finales, una para el maxilar superior y todos sus dientes, y otra para el maxilar inferior (Figura 23). Posteriormente, en el módulo SEGMENT EDITOR, encontramos la opción THRESHOLD en la cual finalmente se debe seleccionar el mejor rango para obtener un modelo 3D de los conjuntos de los maxilares con la mayor calidad posible, para así optimizar el proceso de la reconstrucción.



*Figura 23 Áreas de estudio.
Áreas de trabajo maxilares. Imagen propia tomada de 3D Slicer.*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Partiendo de este modelo, y con las herramientas del módulo de SEGMENT EDITOR, se logra un modelo final con superficies más suaves, una estructura ósea sólida y mejoras en las conexiones entre maxilares y dientes. Se obtiene finalmente la reconstrucción de los maxilares y su conjunto de dientes por separado (Figura 24) y (Figura 25).

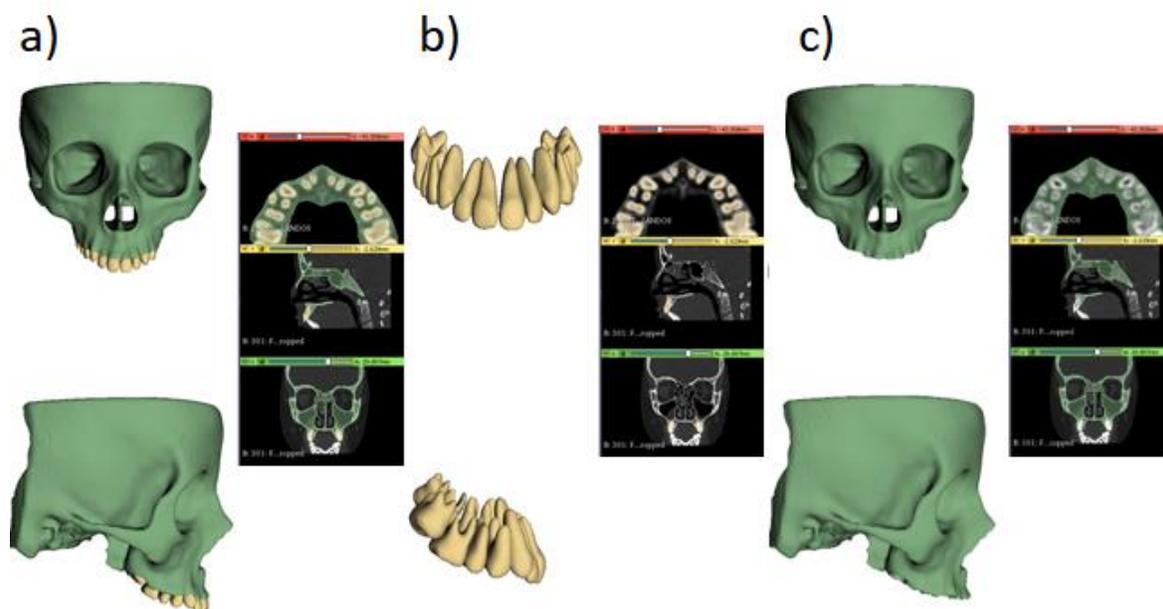


Figura 24 Geometría obtenida maxilar superior. Geometría obtenida de la TC para el maxilar superior, a) vista frontal y lateral de maxilar superior con sus dientes, b) Vista frontal y lateral de los dientes, c) vista frontal y lateral del maxilar superior. Geometría realizada en 3D Slicer.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

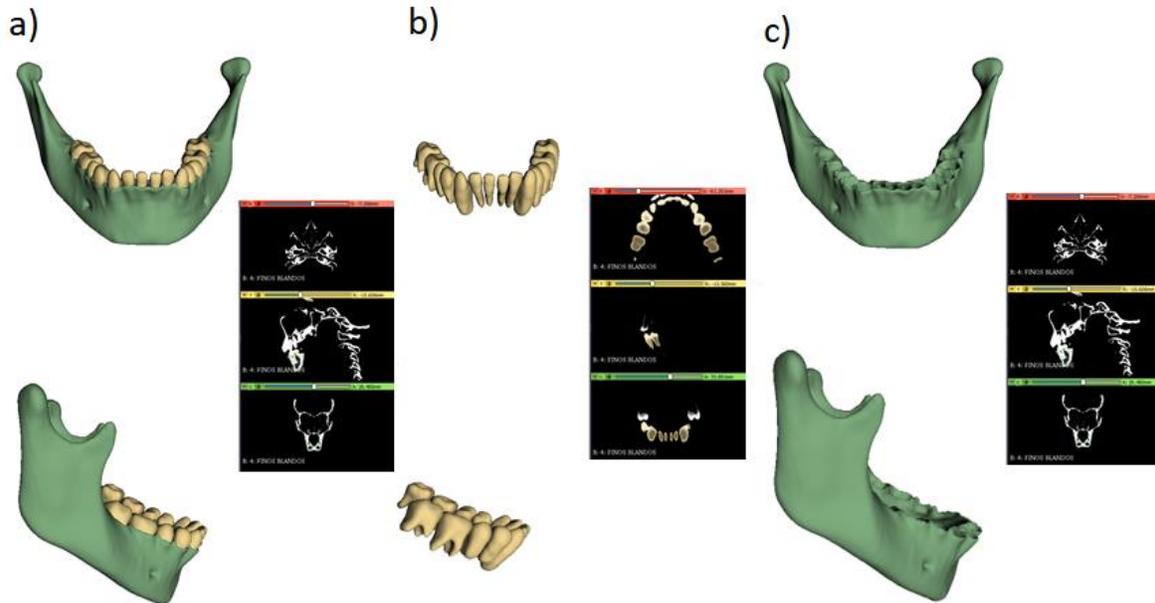


Figura 25 Geometría obtenida maxilar inferior.
Geometría obtenida de la TC para el maxilar inferior, a) vista frontal y lateral del maxilar inferior con sus dientes, b) Vista frontal y lateral de los dientes, c) vista frontal y lateral del maxilar inferior.
Geometría realizada en 3D Slicer.

Optimización de la geometría

Originalmente los maxilares obtenidos de 3D Slicer cuentan con un mallado predeterminado de la reconstrucción de 1.666.452 elementos y 833.270 nodos en el maxilar superior y 363.540 elementos y 181.824 nodos para el maxilar inferior. Debido a esto se hace necesario exportar estos modelos al software libre MeshLab versión 2020.07 (Grupo de investigación ISTI – CNR, Italia), en donde se busca generar un mallado reduciendo el número de elementos y nodos para mejorar el rendimiento en el proceso de ensamble y simulaciones, todo esto sin dañar la geometría original.

Este programa de código abierto permite editar, limpiar y modificar mallas, preservando detalles geométricos de los ensamblajes originales. Reduciendo el mallado

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

mediante varias iteraciones se logró mejorar y disminuir la malla de las estructuras, obteniendo para los modelos finales después de la reconstrucción un número de elementos y nodos de 39.994 y 20.017 para el maxilar superior, y para el maxilar inferior 25.000 y 12.530.

A continuación, se llevan estos dos modelos completos a FreeCAD versión 0.18.4 (software de código abierto, EE.UU), el cual es un software de código abierto de diseño tridimensional en el cual se busca obtener una estructura tipo solida del maxilar superior y del maxilar inferior.

Estos modelos de estructura sólida fueron exportados al software Solidworks en el cual se realizó el ensamble de los maxilares con sus respectivos dientes, obteniendo para cada modelo una geometría de 15 piezas debido a que no se tuvieron en cuenta los terceros molares (Figura 26). Además de esto se corroboró que cada pieza fuera una estructura sólida, se repararon irregularidades en algunas caras del modelo y se verificó que la escala fuera igual a la original.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

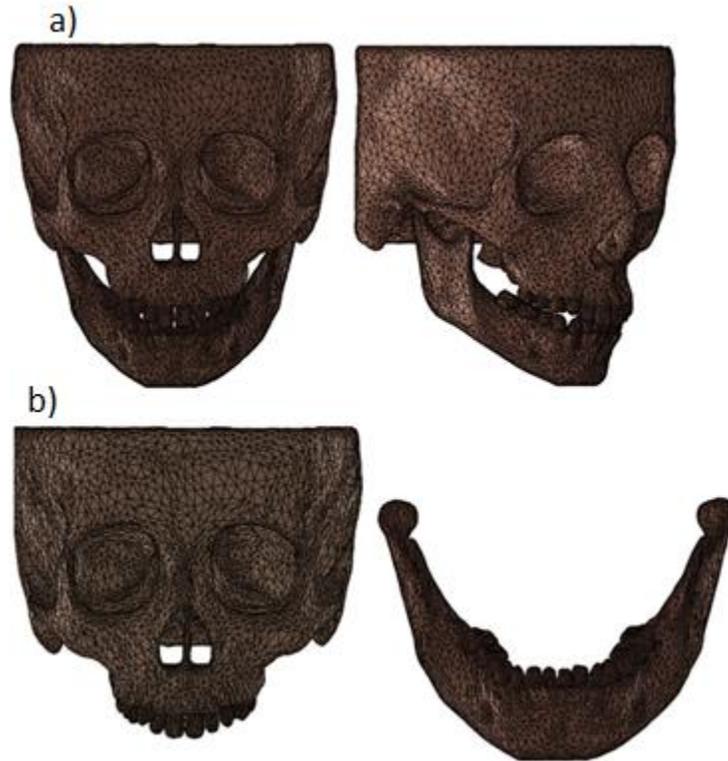


Figura 26 Ensamble de los maxilares.
a) Ensamble completo del maxilar superior e inferior con sus respectivos dientes. b) Ensamble por separado del maxilar superior e inferior con sus respectivos dientes.

Modelo de elementos finitos

Mallado

Los modelos finales se exportaron al software ANSYS 17.0 (Bela Engineering Group, Downers Grove, IL, USA), mediante el cual se lleva a cabo la simulación para su posterior análisis. Este software usa el método de elementos finitos para analizar estructuras bajo diferentes parámetros y condiciones de frontera. El programa permite suministrar información como propiedades de los materiales, valores de carga o restricciones con el

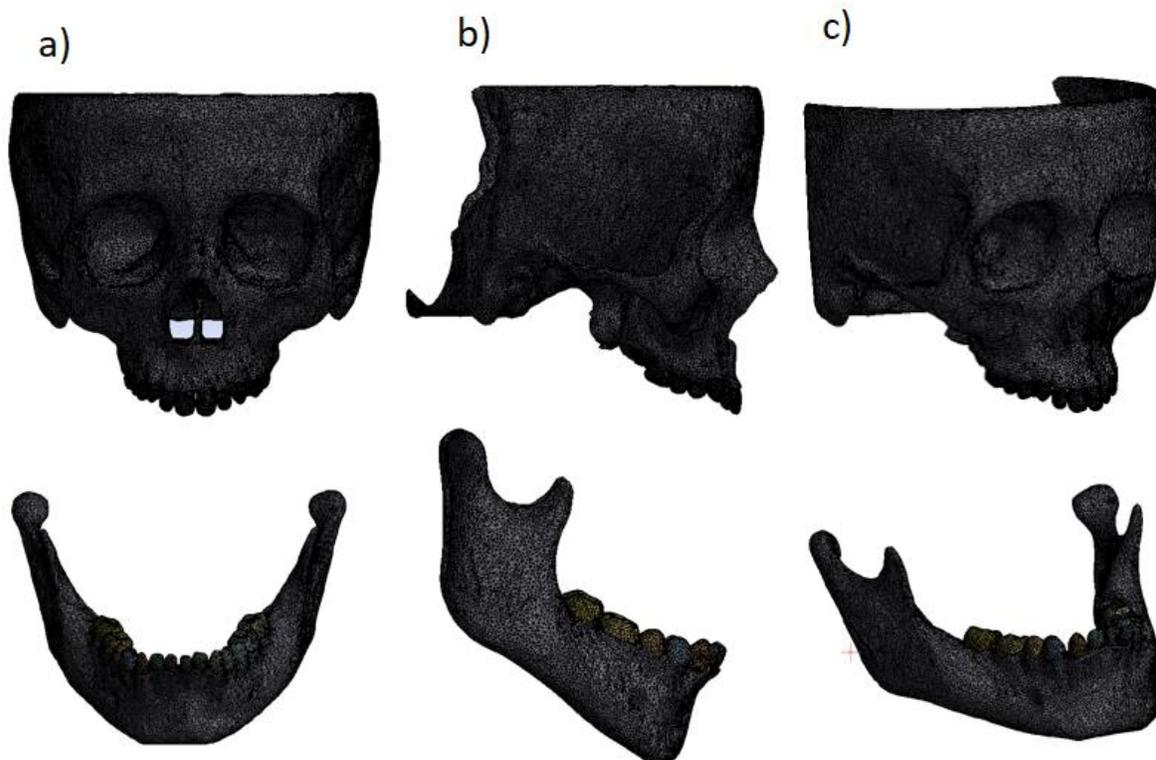
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

fin de obtener resultados como deformaciones, desplazamientos y puntos de mayores esfuerzos.

En este software se realizaron estudios de tipos estático por medio del módulo Static Structural de ANSYS Workbench, debido a que no se tuvo variaciones de ningún parámetro durante el tiempo. Inicialmente se agregan las propiedades mecánicas de los materiales a emplear, se importa la geometría obtenida de Solid Works y se genera el modelo. Al tener el modelo se procede a asignar a cada pieza su correspondiente propiedad mecánica. Mediante el módulo Connections se verifica y realizan un contacto homogéneo tipo Bounded entre la superficie de los dientes y el maxilar de cada modelo, garantizando así un correcto ensamble de estas piezas.

Teniendo los contactos y las propiedades asignadas se genera la malla (Figura 27), la cual inicialmente arroja 218.514 elementos y 379.584 nodos para el maxilar superior y 119.808 y 209.086 elementos y nodos para el maxilar inferior. Para la obtención de resultados más precisos se procede a realizar un refinamiento de la malla original, disminuyendo el tamaño de los elementos. Lo anterior se evaluó bajo el concepto de calidad de malla que maneja el programa (Figura 28), en el cual se busca lograr que los valores obtenidos se acerquen lo más posible al valor 1, procurando una mayor homogeneidad de los elementos. Con lo anterior se obtuvo un mallado para el maxilar superior de 622.603 elementos y 1.037.158 nodos y para el maxilar inferior de 337.477 elementos y 542.844 nodos.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 27 Mallado en ANSYS para los maxilares.
a) vista frontal para ambos maxilares, b) vista lateral, c) vista isométrica.*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

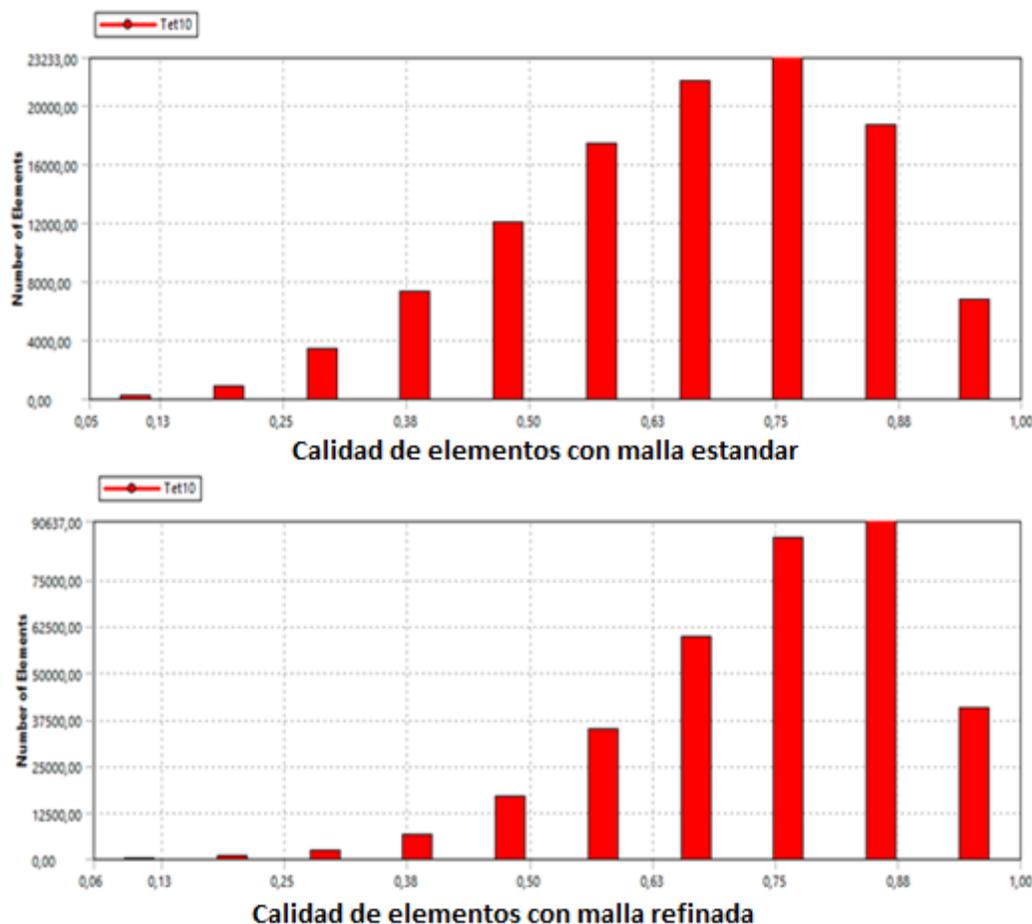


Figura 28 Calidad de los elementos.
 Calidad de los elementos en una malla tipo estándar. Imagen tomada de ANSYS.

Propiedades mecánicas

A pesar que los maxilares se componen de dos huesos, cortical y trabecular, se realizó una simplificación en el cual para efectos de simulación solo se tuvo en cuenta el hueso cortical, esto basado en la literatura ya que diferentes autores definen al hueso trabecular no influyente en la obtención de resultados dentro de los análisis (Alonso & Torres, 2019), (Benazzi, Nguyen, Kullmer, & Kupczik, 2016), (Heo, Lim, Kim, & Kwon, 2018). Para los

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

dientes se definió la dentina como material. En la tabla 1 se relacionan las propiedades mecánicas usadas en el análisis estático.

<i>Material</i>	<i>Módulo de Young (MPa)</i>	<i>Relación de poisson</i>	<i>Referencias</i>
Hueso cortical	13700	0.3	(Benazzi, Nguyen, Kullmer, & Kupczik, 2016) (Septímio, Isafas, Correa, & Dias, 2014) (Pegoretti, Fambri, Zappini, & Bianchetti, 2002) (Kim, y otros, 2012) (Jordan L, 2013) (Ajmera, y otros, 2017) (Strait, y otros, 2005)
Dentina	18600	0.31	(Poiate, Vasconcellos, Mori, & Poiate, 2011) (da Silva, Moreira, da Silva, & de Aguiar, 2011) (Dunoyer, 2014) (Toward, 1999) (Vieira, Andrade, Profiro, & Justino, 214)

Tabla 1 Propiedades mecánicas de los tejidos.

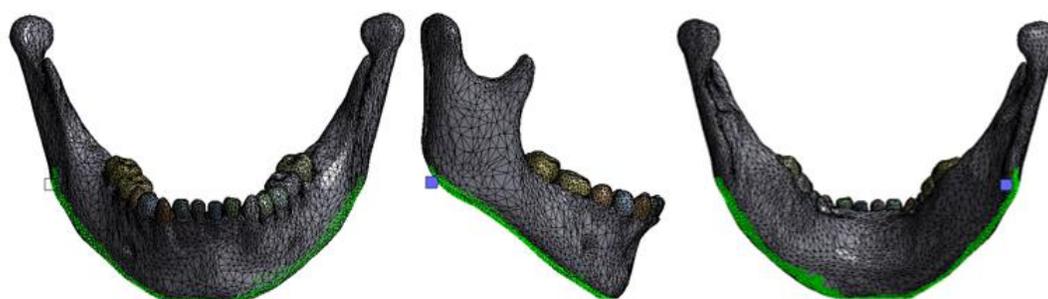
Condiciones de frontera – Restricciones

Las restricciones de los modelos fueron tomadas de la literatura (Pei-Ju & Kou-Chih, 2020), (Bevilacqua Prado, y otros, 2013), (Patriquin, 2013), (Pei-Ju & Kou-Chih, 2020). Para el maxilar superior se aplicó una restricción de desplazamiento nulo al foramen y en el área frontal y parietal del cráneo (Figura 29) Y para el maxilar inferior se realizó una restricción de movimiento en toda la base de la mandíbula (Figura 30).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 29 Restricciones maxilar superior.
Restricciones del maxilar superior. Vista frontal, superior e inferior.*



*Figura 30 Restricciones maxilar inferior.
Restricciones del maxilar inferior. Vista frontal, lateral e inferior.*

Condiciones de carga

Para las condiciones de las cargas musculares y de masticación se tomaron referencias de la literatura (Cadova & Gallo, 2013), (Kent Stavness, 2010), (Mishra & Makhija, 2017), (Gross, Arbel, & Hershkovitz, 2001) (Grbović & Mihajlović, 2017) (Gélvez, Velosa, & Pérez, 2016). No obstante, no se podía definir una carga exacta para cada músculo o diente, debido a que influyen varios factores como la edad, tipo de sexo,

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

morfología y rango de valores de fuerza para cada músculo. En la Tabla 2 se encuentran expresadas la magnitud de las fuerzas musculares, mientras que en la Tabla 3 se describen las fuerzas de masticación.

Las cargas se asumieron de forma bilateral en ambos costados del rostro. Las cargas se ubicaron sobre la zona oclusal de cada diente y en las zonas donde se origina cada músculo desde su respectivo maxilar. Para conocer la dirección de cada uno de los músculos fue necesario aplicar la teoría de los cosenos directores. Para iniciar, se realizó el ensamble completo entre el maxilar inferior junto con el maxilar superior (figura 29), esto con el objetivo de ubicar los músculos de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 2 (Anatomía de la cavidad bucal). Partiendo de lo anterior, en el software Ansys Workbench se logra obtener un punto inicial y final de cada uno de los músculos por medio de la herramienta Selection Information, lo cual brinda los datos necesarios para encontrar la longitud de cada uno usando la fórmula 1. Tomando la fórmula 2 es posible conocer los cosenos de cada uno de los ángulos que forman los vectores de los músculos con cada eje, x, y, z. Finalmente, con la fórmula 3 se encuentran los componentes de la fuerza total de los músculos en cada uno de los ejes.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Músculo	Fuerza (N)
Masetero superficial	190,40
Masetero Profundo	81,60
Pterigoideo medial	174,80
Pterigoideo lateral superior	50,00
Pterigoideo lateral inferior	50,00
Temporal Anterior	158,00
Temporal Medio	95,60
Temporal Posterior	75,60

Tabla 2 Magnitud de fuerzas musculares (Cadova & Gallo, 2013), (Kent Stavness, 2010), (Mishra & Makhija, 2017).

Diente	Fuerza (N)
Primer y segundo molar	300
Primer y segundo pre-molar	210
Caninos	190
Incisivos	100

Tabla 3 Magnitud de fuerzas de masticación (Gross, Arbel, & HersHKovitz, 2001) (Grbović & Mihajlović, 2017).

Fórmula 1. Cálculo de longitud total de un músculo

$$L_t = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2}$$

Donde

- L_t = Longitud total del músculo estudiado
- x_0 = Punto inicial eje x
- x_1 = Punto final eje x
- y_0 = Punto inicial eje y
- y_1 = Punto final eje y
- z_0 = Punto inicial eje z
- z_1 = Punto final eje z

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Fórmula 2. Cosenos de los ángulos formados por cada músculo.

$$\cos \emptyset = \frac{P_1 - P_0}{Lt}$$

Donde

- \emptyset = Angulo con respecto al eje estudiado
- P_0 = Punto inicial del vector en el eje estudiado
- P_1 = Punto final del vector en el eje estudiado

Fórmula 3. Fuerza resultante del músculo en el eje estudiado.

$$Fr = F * \cos \emptyset$$

Donde

- Fr = Fuerza resultante en el eje estudiado
- F = Fuerza del músculo

En las Figuras 31 y 32 se pueden observar las condiciones de carga utilizadas en los maxilares.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

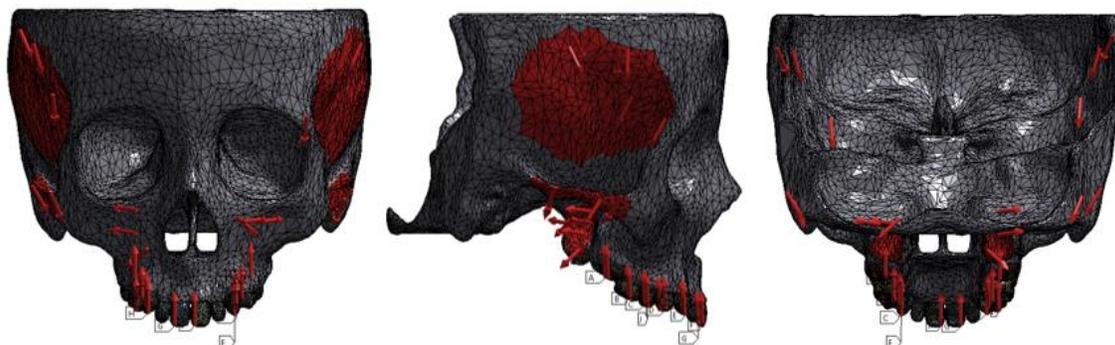


Figura 31 Condiciones de carga maxilar superior. Vista frontal, lateral y posterior.

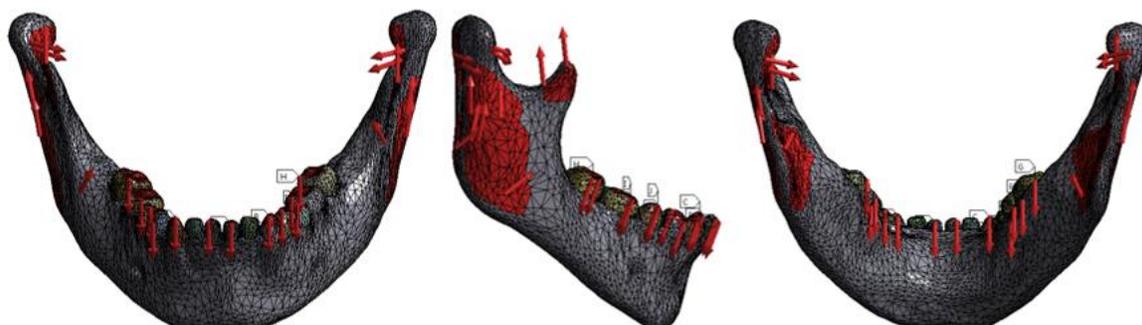


Figura 32 Condiciones de carga maxilar inferior. Vista frontal, lateral y posterior.

Validación y obtención de resultados

Una vez obtenidos los modelos de estudio, la investigación se dividió en tres etapas, con el objetivo de verificar el comportamiento de la estructura bucal ante la aplicación de diferentes cargas. En la primera etapa se replicaron algunos estudios donde solo se tenía en cuenta las cargas masticatorias de forma estática tanto en el maxilar superior como en el maxilar inferior. Esto con el fin de tener una comparativa en la

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

distribución de esfuerzos, verificar la legitimidad del modelo realizado y tener un punto de partida para analizar los resultados cuando se implementara el accionamiento muscular. En la segunda etapa con el fin de validar el modelo, se realizó la comparación con la literatura teniendo en cuenta los estudios donde estuvieran involucrados los músculos más relevantes en la cavidad bucal, como lo son el músculo masetero, temporal, pterigoideo medial y pterigoideo lateral. Finalmente, para la tercera etapa se simularon de forma conjunta las cargas de masticación y las cargas musculares analizando tres variables: la distribución de la deformación total, la distribución del esfuerzo máximo principal y la distribución del esfuerzo mínimo principal.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 4

Resultados

Maxilar superior

Como se observa en la Figura 33, la deformación máxima de 0.10027 mm se presenta en el hueso cigomático, en la zona donde se encuentra el músculo masetero. La deformación se extiende de forma radial hacia sus extremos disminuyendo uniformemente hacia la parte delantera en el hueso del maxilar, hacia atrás en el hueso temporal y finalizando en el hueso frontal y parietal, zona en la cual se ubica el desplazamiento mínimo. En los incisivos también se observa un desplazamiento considerable, el cual es de aproximadamente 0.05 mm, inicia en la cúspide de los dientes subiendo por el hueso del maxilar, prolongándose por el hueso lagrimal y siendo mínimo al llegar al hueso frontal.

En el esfuerzo máximo principal se obtiene un valor máximo de 47.648 MPa. Este esfuerzo se concentra en la zona del foramen magnum, lugar en donde se encuentra una de las restricciones para este maxilar. Para el resto del maxilar se mantiene un esfuerzo regular de aproximadamente 3 MPa, excepto en los extremos del arco cigomático en donde se presenten un esfuerzo cercano a los 30 MPa. El valor mínimo se encuentra ubicado entre el maxilar y el segundo premolar derecho (Figura 34).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Para el esfuerzo mínimo principal se tiene un valor máximo de 11.932 MPa ubicado en el foramen mágnum extendiéndose alrededor del área restringida y valor mínimo de -36.816 MPa en la zona inferior del extremo del arco cigomático derecha el cual se extiende hacia el centro del mismo arco. Esta misma distribución se encuentra en hueso cigomático del costado izquierdo (Figura 35). Además, se observa un área con valor de aproximadamente -10 MPa iniciando en el hueso del maxilar y sube hasta finalizar en el hueso nasal.

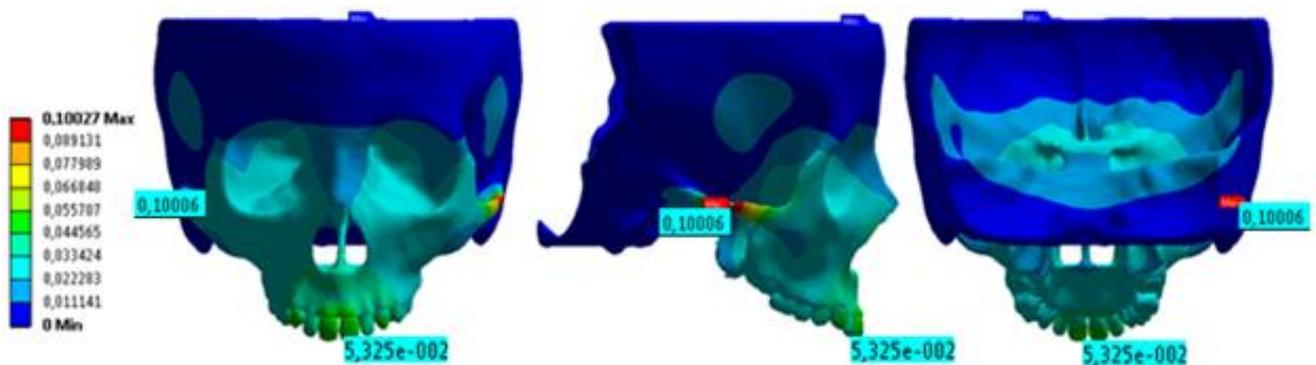


Figura 33 Deformación total maxilar superior.
Unidades en mm

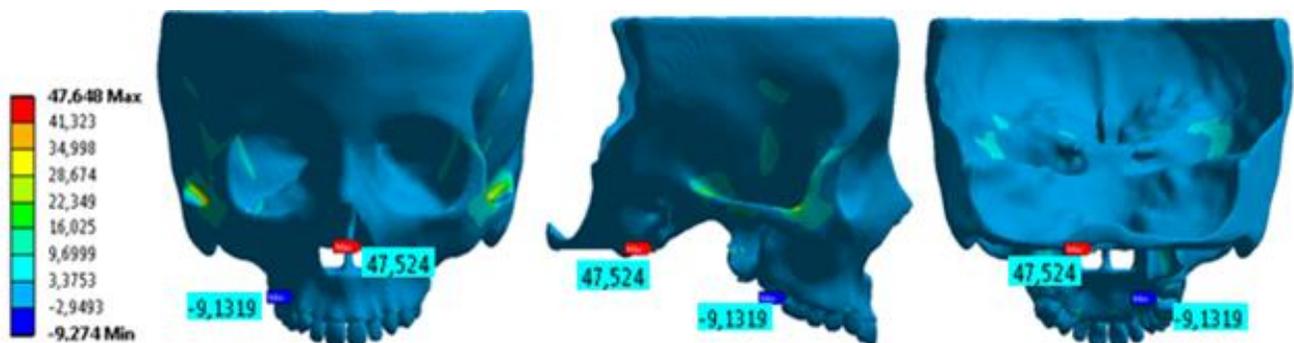


Figura 34 Esfuerzo máximo maxilar superior.
Unidades en MPa

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

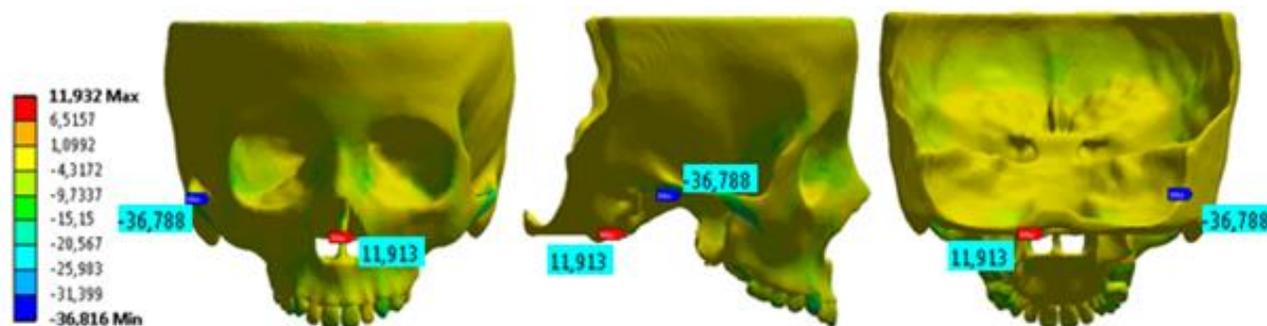


Figura 35 Esfuerzo mínimo maxilar superior.
Unidades en MPa

Maxilar inferior

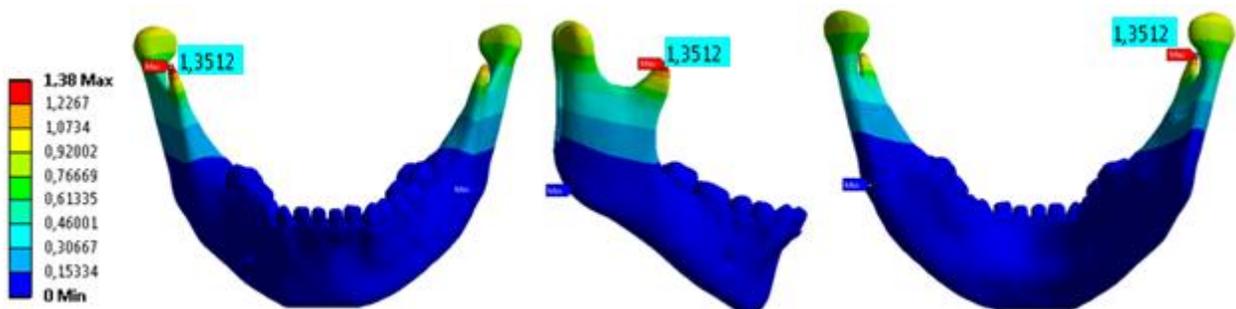
Se puede apreciar en la Figura 36 que en la parte superior de la apófisis corónides del costado derecho, zona en la cual se une el maxilar con el músculo temporal, se presenta una deformación total máxima con un valor de 1.38mm. Esta deformación se encuentra en ambos costados del maxilar y desciende de forma gradual desde la cabeza del cóndilo y la apófisis corónides hasta llegar a la base del maxilar, zona en la que se obtiene un desplazamiento nulo, dado que allí se encuentra la restricción del movimiento.

El valor mayor y menor del esfuerzo máximo principal y el mínimo principal se concentran en lugares próximos. Estos resultados se ubican en la base de la mandíbula muy cerca al área de restricción del movimiento y ambos se extienden por esa misma región.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El mayor valor para el primer caso es de 266.31 MPa y el menor de -72.44 MPa. (Figura 37). Además, en la zona de las apófisis corónides se encuentra un esfuerzo considerable con un valor de aproximadamente 150 MPa. Se concentra en la zona donde se une el maxilar con el músculo temporal y se expande de forma radial hasta encontrarse con el cuello del maxilar en donde se observa un esfuerzo de 2 MPa, el cual se mantiene regular en el resto del hueso y de los dientes.

En lo que respecta al esfuerzo mínimo principal, se aprecia que el mayor valor es de 70,135 MPa y el menor de -307.79 MPa (Figura 38). De igual forma, en las apófisis corónides se encuentra un valor considerable de esfuerzo con un promedio de -100 MPa que se extiende por la parte interna del hueso hasta llegar al cuello y base del maxilar desde donde se tiene un valor regular de unos 10 MPa aproximadamente.



*Figura 36 Deformación maxilar inferior.
Unidades en mm*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

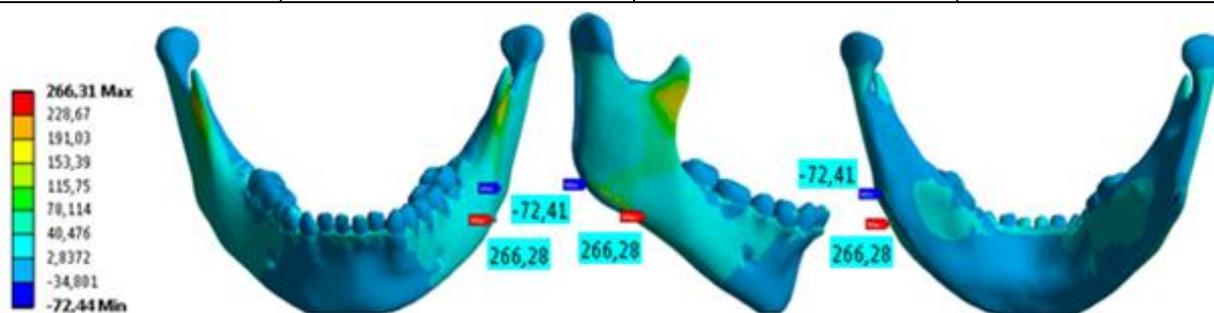


Figura 37 Esfuerzo máximo maxilar inferior
Unidades en MPa

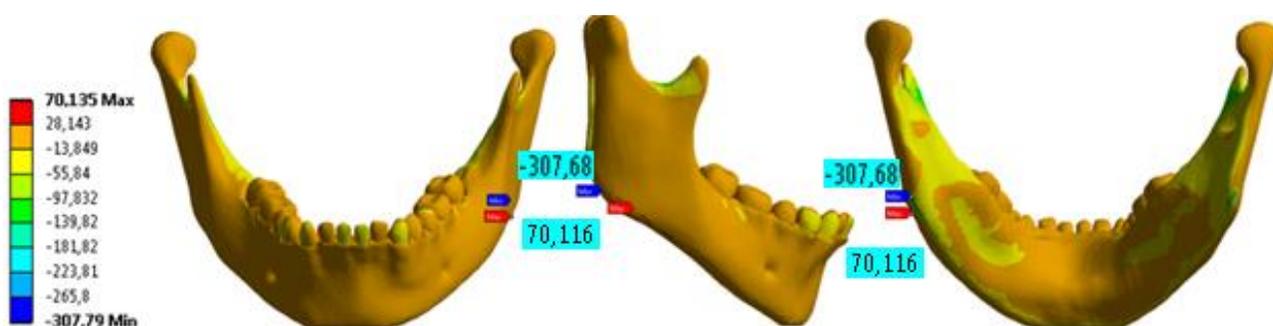


Figura 38 Esfuerzo mínimo maxilar inferior.
Unidades en MPa

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 5

Discusión

Esta investigación es de tipo biomecánico dado que solo se tuvieron en cuenta los efectos estructurales óseos tanto del maxilar superior como del maxilar inferior. En la investigación llevada a cabo no se tuvieron en cuenta los efectos generados por la articulación temporomandibular, ya que la intención del estudio es comprender y analizar el comportamiento estructural de los maxilares. Tampoco se estimaron los datos que contemplaban diferentes investigaciones consultadas como las cargas linguales, labiales y ortodónticas debido a la poca influencia en el funcionamiento estructural de los tejidos involucrados (Kent Stavness, 2010) (Commisso Cuñarro, 2010) (McCormack, Witzel, Watson, Fagan, & Gröning, 2017).

La aplicación de las cargas en los dientes se realizó de forma perpendicular al plano oclusal como lo sugieren distintos autores en sus investigaciones (Pinheiro & Alves, 2015) (Cadova & Gallo, 2013). En cuanto a la simulación de los músculos se seleccionaron los de mayor influencia en el proceso masticatorio, como lo son el músculo masetero, temporal y pterigoideo (Aristizabal Hoyos, López Soto, & López Soto, 2017), (Voegeli, 2003). Los elementos de tipo óseo, como huesos del cráneo y maxilares, se asumieron de tipo isotrópico; esto quiere decir que sus propiedades mecánicas son las mismas en todas sus direcciones. Esta suposición es empleada con frecuencia para materiales que no alcanzarán la plasticidad o que tendrán desplazamientos son muy pequeños. (Dart,

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

2020), (Gross, Arbel, & Hershkovitz, 2001). Con respecto al ligamento periodontal, en este estudio no se tuvo en cuenta su funcionamiento dado que diferentes autores, concluyen que la presencia de éste no afecta significativamente los resultados excepto en los picos de esfuerzos. Esto debido a que es la interfaz entre los dientes y el hueso y parte de su función es amortiguar las cargas (Felez, 2011) (MacGinnis, y otros, 2014), (Alonso & Torres, 2019), (Fagan, Higgins, & Gro, 2012), (Tie, Wang, Ji, Wang, & Zhang, 2006).

Con el fin de analizar, comparar y verificar la coherencia de los resultados obtenidos en este estudio se procede a validar los modelos realizados mediante los esfuerzos Von-Mises aun sabiendo que el hueso humano se comporta como un material frágil y no dúctil (Montañez Supelano & Solares Navarro, 2013), (Tuner, C. Biomechanics of Bone, 2002). El análisis se realizó de forma cualitativa y cuantitativa basados en ilustraciones donde se refleja detalladamente el comportamiento del modelo bajo las diferentes condiciones de carga.

A continuación, se presenta la validación de ambos maxilares bajo condiciones de carga de masticación y cargas musculares.

Validación Maxilar Superior

Inicialmente se replicaron los modelos realizados por (Gross, Arbel, & Hershkovitz, 2001), y (Alonso & Torres, 2019), bajo cargas de masticación de forma estática

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

analizando los esfuerzos por Von-Mises. En la primera simulación (Figura 39) se muestran los resultados obtenidos al aplicar una carga de 112 N en la superficie oclusal de los incisivos centrales y una carga de 148 N en el canino izquierdo.

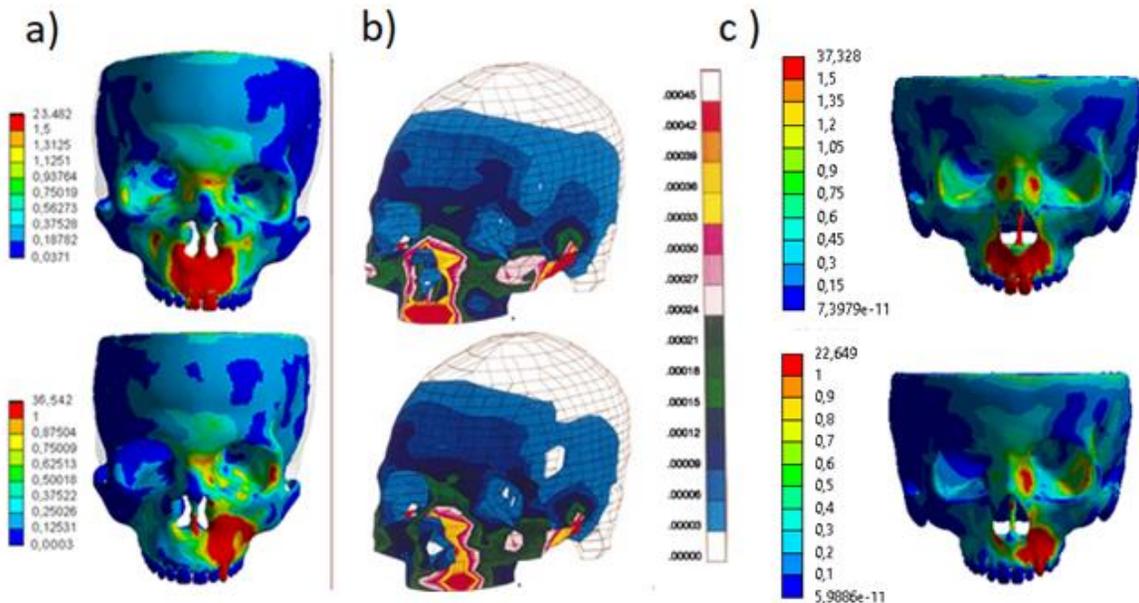


Figura 39 Simulación estática Incisivos centrales.

Parte superior incisivos 112 N. a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019). b) Modelo realizado por (Gross, Arbel, & Hershkovitz, 2001). c) Resultado obtenido mediante este trabajo en ANSYS.
Parte inferior carga canino Izquierdo 148 N. a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019). b) Modelo realizado por (Gross, Arbel, & Hershkovitz, 2001). c) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa.

Esta simulación se realizó con el fin de analizar la distribución de los esfuerzos en forma cuantitativa y cualitativa. Los resultados obtenidos no fueron exactamente los mismos debido a variaciones en el modelo de estudio, aunque se encontraron en los rangos establecidos por los estudios replicados. En cuanto al análisis cualitativo se observa similitudes entre los modelos en la distribución de esfuerzos, especialmente en

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

la zona de la apófisis alveolar, bajo la cavidad nasal y el hueso malar, el cual conforma el pómulo de la cara.

Se realizó una segunda comparación del modelo con la literatura tomando como referencia el estudio realizado por (Choi, Cha, Jang, Kang, & Kim, 2013) y replicado por (Alonso & Torres, 2019), en este modelo fue posible mantener las mismas condiciones de frontera. Se aplicó una restricción de desplazamiento en el hueso frontal y el hueso parietal, además de esto, se realizó una distribución de cargas de 1000 N desde el incisivo central hasta el segundo molar. Esta distribución solo se realizó en un costado del rostro (Figura 40).

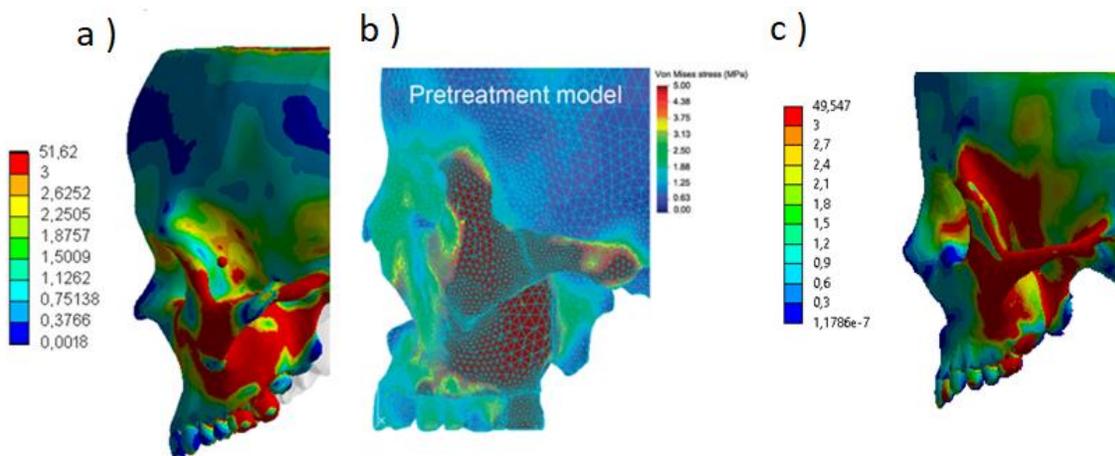


Figura 40 Distribución de carga 1000 N

a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019), b) Modelo realizado por (Choi, Cha, Jang, Kang, & Kim, 2013) c) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa

Realizada la simulación se obtuvo que los esfuerzos del modelo desarrollado para esta investigación se encuentran dentro de los rangos reportados en el estudio replicado.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Adicionalmente, las zonas donde se presentan los mayores esfuerzos coinciden tanto en la zona molar como en el costado del hueso malar. Teniendo en cuenta la similitud de los resultados se puede indicar que el modelo realizado para esta investigación se encuentra en condiciones ideales para ser tomado como referencia en la aplicación de esfuerzos con cargas musculares.

Para culminar con la primera etapa de validación se tomó un segundo modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019), donde se obtuvo la tendencia de comportamiento al aplicar cargas de masticación en la cavidad bucal. Para esta investigación este estudio fue de gran importancia, teniendo en cuenta que es el modelo utilizado para realizar el análisis comparativo del comportamiento estructural de manera cualitativa y cuantitativa al aplicar cargas de masticación en primera instancia y luego analizar el comportamiento estructural en conjunto con la aplicación de cargas musculares.

En el maxilar superior la carga aplicada fue de 2620 N, distribuidos en todo el arco mandibular de la siguiente manera: para el primer y segundo molar se aplicó una fuerza de 300 N, para el primer y segundo premolar se aplicó una fuerza de 210 N, para los caninos 190 N y para los incisivos centrales 100 N. Para restringir el movimiento de este maxilar se colocó un soporte fijo en el hueso frontal y parietal, al igual que en el foramen. Una vez replicado el estudio bajo las condiciones descritas anteriormente se procedió a analizar el comportamiento en la estructura del maxilar teniendo en cuenta la deformación

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

total (Figura 41), el esfuerzo máximo principal (Figura 42) y el esfuerzo mínimo principal (Figura 43).

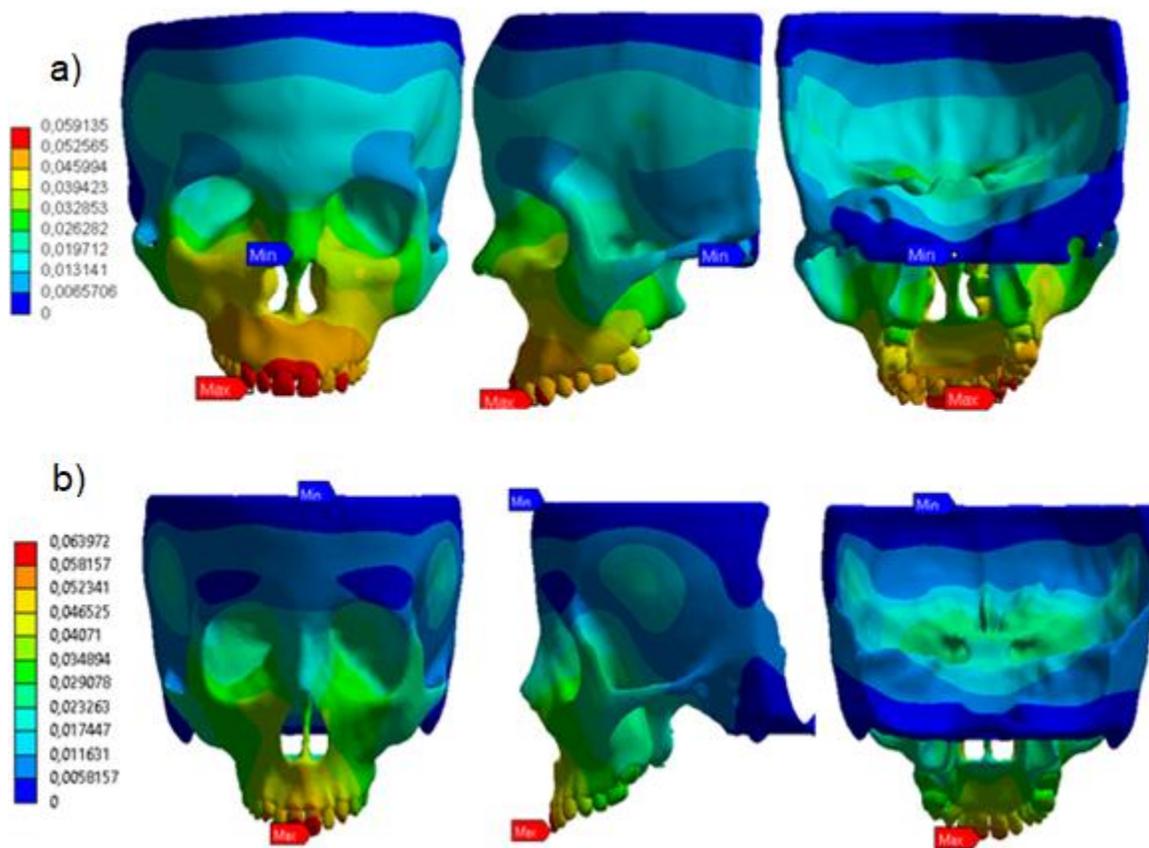
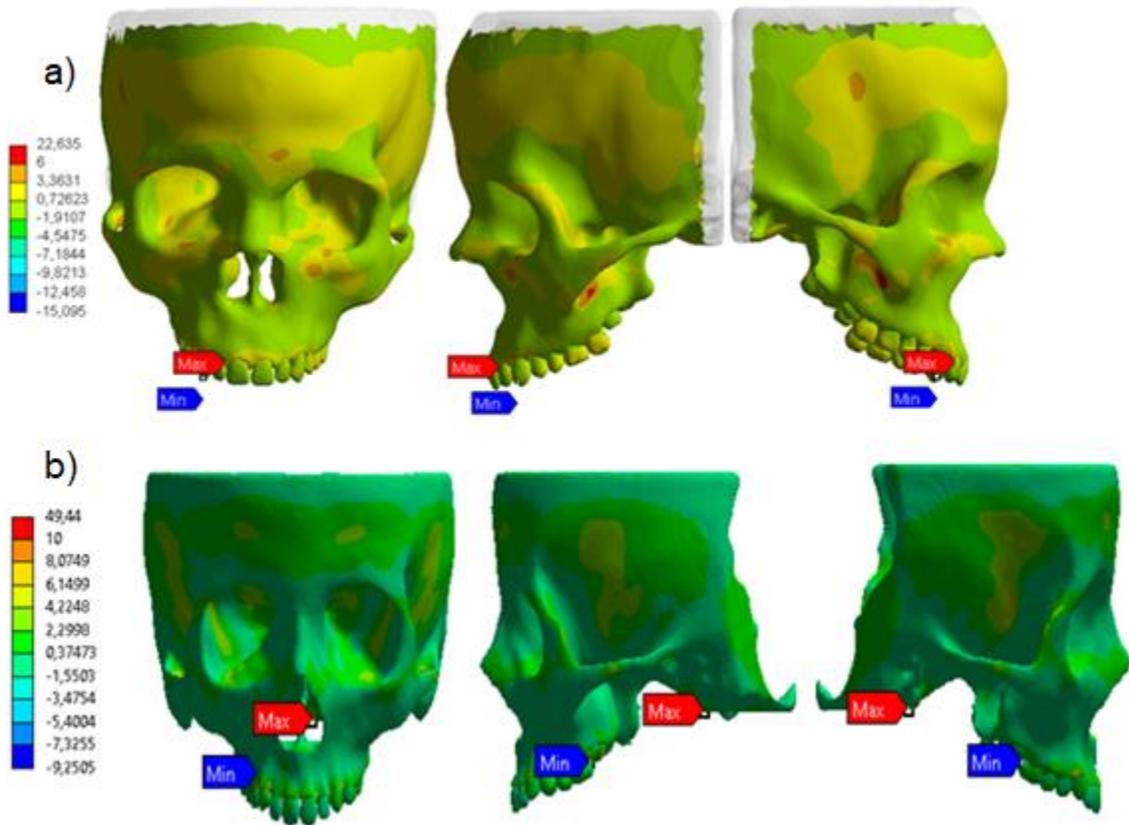


Figura 41 Deformación total maxilar superior.
a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en mm

En la deformación total se observa que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos del estudio simulado, se presenta una diferencia de 0,004 mm en la deformación entre el modelo replicado y el modelo de estudio para esta investigación. Adicionalmente, se identifica que la deformación máxima se ubica en zonas similares, cercana a los dientes incisivos centrales.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 42 Esfuerzo máximo maxilar superior.
a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa*

En el esfuerzo máximo se encuentra un pico en el modelo realizado para esta investigación el cual se puede atribuir a factores como diferencias en el mallado y la morfología craneal. Teniendo en cuenta esto se realiza un análisis cualitativo donde se evidencia que el comportamiento en general de la estructura maxilar es semejante oscilando los esfuerzos en el rango de los 0,374 MPa y 0,726 MPa.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

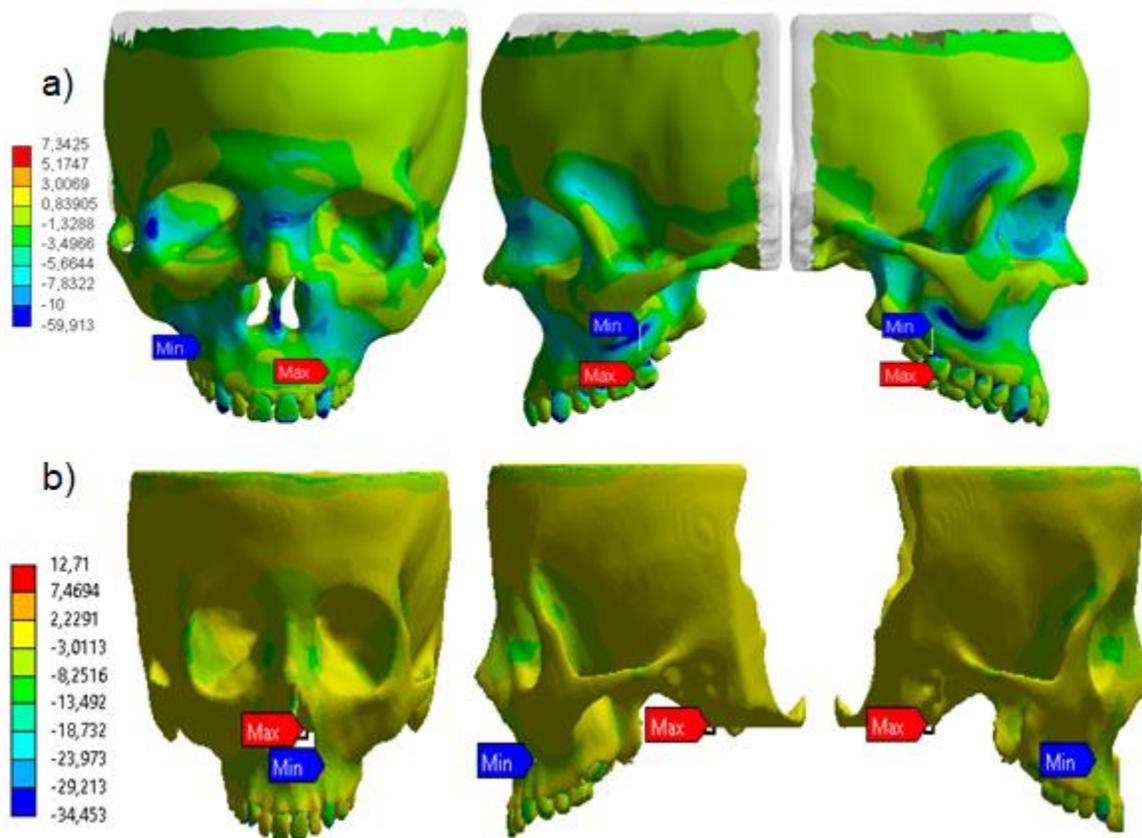


Figura 43 Esfuerzo mínimo maxilar superior.
a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa

En cuanto a los esfuerzos mínimos se ubican en zonas similares además de encontrarse dentro del rango de valores. Teniendo en cuenta todo lo anterior se determinó que el modelo realizado para esta investigación se encuentra en condiciones óptimas para realizar la comparación del comportamiento estructural del maxilar superior al estar sometido a cargas de masticación y cargas musculares de forma simultánea.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Aplicación De Cargas Musculares Maxilar Superior

Para el maxilar superior se realizó la simulación de un modelo semejante al de (Bevilacqua Prado, y otros, 2013), donde buscaron analizar por medio de elementos finitos la distribución de estrés en el pilar cigomático durante la contracción del músculo masetero y demás músculos elevadores de la cavidad bucal. Esta simulación se realizó únicamente en medio maxilar y tuvo en cuenta las siguientes condiciones de frontera: se colocaron unos soportes fijos en el primer y segundo molar, adicionalmente en el hueso temporal se aplicó un soporte sin fricción. En el área donde actúa el músculo temporal se aplicó una carga de 326,4N, en la zona donde trabaja el músculo masetero superficial una carga de 190N, en el masetero profundo una carga de 81N y en el área pterigoideo medial una carga de 171,46N.

Una vez realizada la simulación se analizaron los resultados por el esfuerzo máximo principal (Figura 44) donde se pudo observar que la distribución de los esfuerzos es muy similar exceptuando la zona del arco cigomático el cual se encuentra por encima de los valores del estudio. Esto se puede deber a la diferencia de los modelos en cuanto a las tomografías y software utilizados para adecuar la estructura maxilar.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

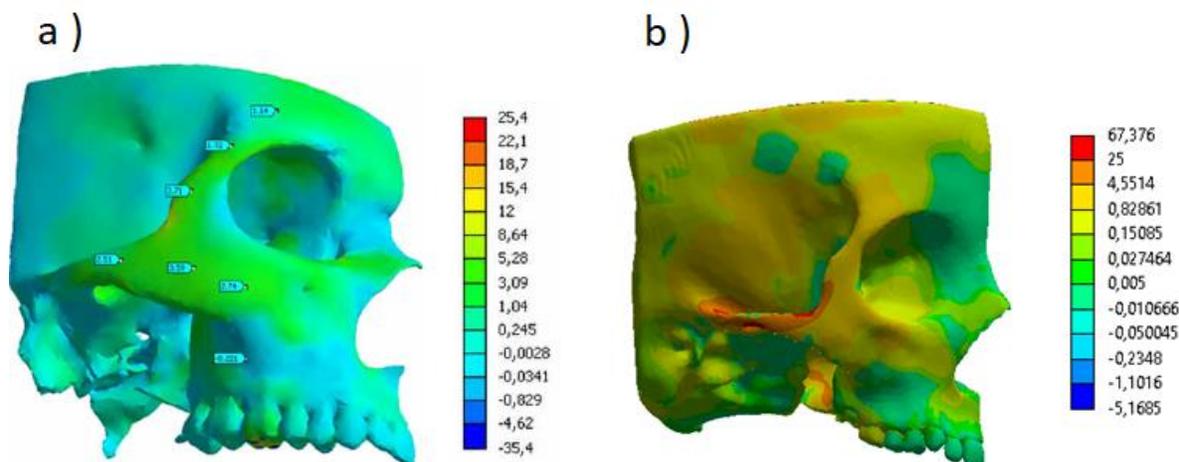


Figura 44 Comparativa del esfuerzo máximo del maxilar superior del modelo con cargas musculares.
a) Modelo realizado por (Bevilacqua Prado, y otros, 2013) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa

También se realizó la comparación con el estudio realizado por (Choi, Cha, Jang, Kang, & Kim, 2013). Este modelo se replicó en la etapa de validación de este documento con las cargas en el arco bucal, pero sin tener en cuenta la influencia de los músculos. Para esta etapa se mantuvieron los mismos parámetros en las condiciones de frontera, pero adicionalmente se aplicó en el arco cigomático una carga de 400 N representado al músculo masetero.

En la Figura 45 se analizó el comportamiento estructural del modelo desarrollado de forma cualitativa, observando la distribución de los esfuerzos por Von-Mises en área del arco cigomático y las zonas aledañas. Se puede observar que el comportamiento estructural es muy similar, aunque, en el modelo de estudio se presenta un pico de esfuerzo; esto se puede atribuir a que en este estudio se tuvieron en cuenta los dientes

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

y el hueso como piezas independientes mientras que en el estudio replicado se analizó como una única pieza.

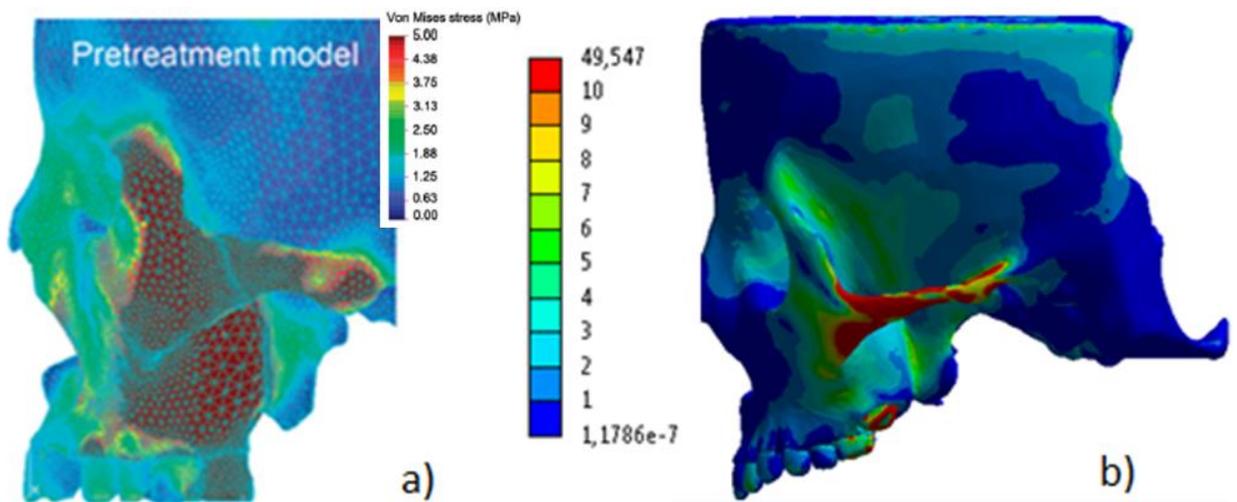


Figura 45 Comparativa del modelo con carga muscular esfuerzo Von-Mises maxilar superior. a) Modelo realizado por (Choi, Cha, Jang, Kang, & Kim, 2013) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa.

Validación Maxilar Inferior

En cuanto a la validación realizada en el maxilar inferior se tuvieron en cuenta los estudios realizados por (Rossi, y otros, 2014) y replicado por (Alonso & Torres, 2019) donde se realiza una investigación foto-elástica aplicando una carga de 193 N en el primer molar del arco derecho del maxilar. Para las condiciones de frontera en este modelo se utilizaron soportes fijos en los cóndilos y el ángulo maxilar.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la simulación (Figura 46), se puede identificar que la distribución de esfuerzos se encuentra dentro de los rangos

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

reportados en la literatura, oscilando los valores de esfuerzos entre los 0,023 MPa y 3,75 MPa. En la zona de la línea oblicua se identifica los mayores concentradores de esfuerzo dentro de un rango de 1,5 MPa, a 5,25 MPa.

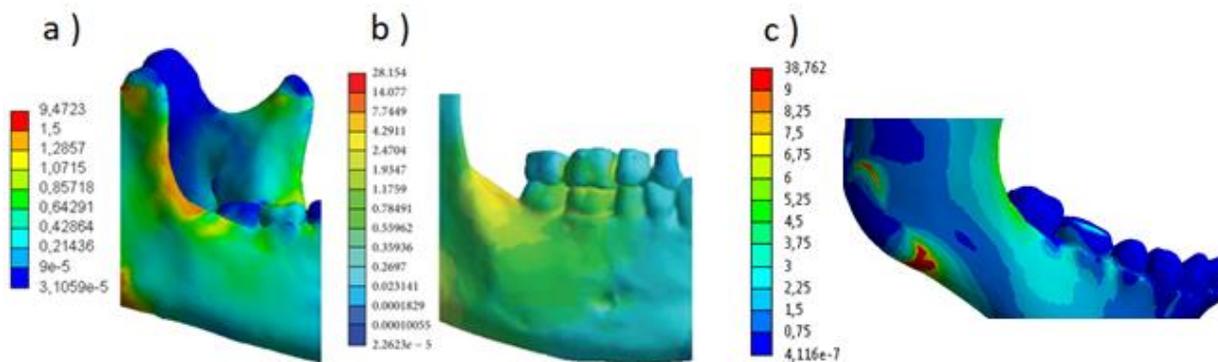
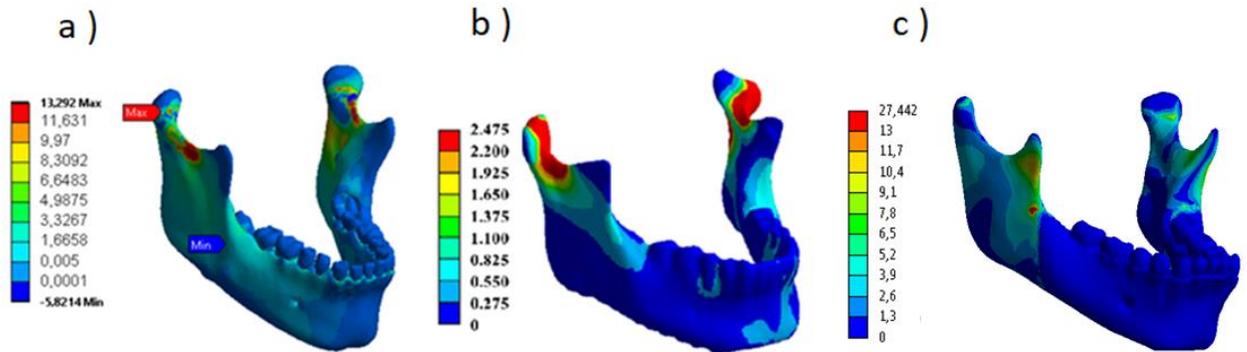


Figura 46 Carga primer molar arco bucal derecho maxilar inferior. Carga 193 N a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Modelo realizado por (Rossi, y otros, 2014) c) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa

De igual forma se realizó la comparación con el estudio desarrollado por (Cheng, Cheung, & Tak, 2010) y (Alonso & Torres, 2019) donde se lleva a cabo un análisis por el método de elementos finitos con el fin de determinar el anclaje del maxilar y observar la distribución de esfuerzos en el mismo (Figura 47). De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que los esfuerzos maximos se ubican en el área de los condilos y la rama maxilar dentro de un rango de 2,475 MPa y 5,2 MPa.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 47 Comparativa del modelo con la literatura cargas máximas.
a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Modelo realizado por (Cheng, Cheung, & Tak, 2010) c) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa*

Al igual que con el maxilar superior en esta etapa se realizó una simulación basada en el estudio de (Alonso & Torres, 2019) donde se mantuvieron la distribución y el valor de las cargas en el arco bucal; aunque, con las variaciones correspondientes en los puntos de soporte. Las restricciones fueron ubicadas en el cóndilo, la apófisis corónides y la rama maxilar. Una vez realizada la simulación se verificó el comportamiento estructural realizando la comparación de la deformación total (Figura 48), el esfuerzo máximo principal (Figura 49) y el esfuerzo mínimo principal (Figura 50).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

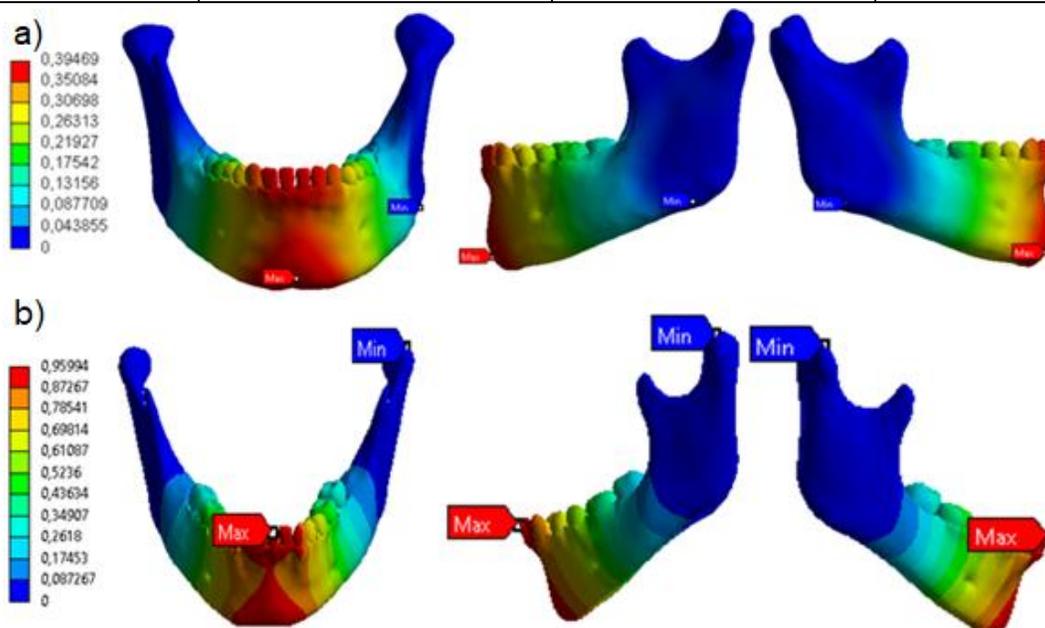


Figura 48 Deformación total maxilar inferior.
 Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys.
 Unidades en mm

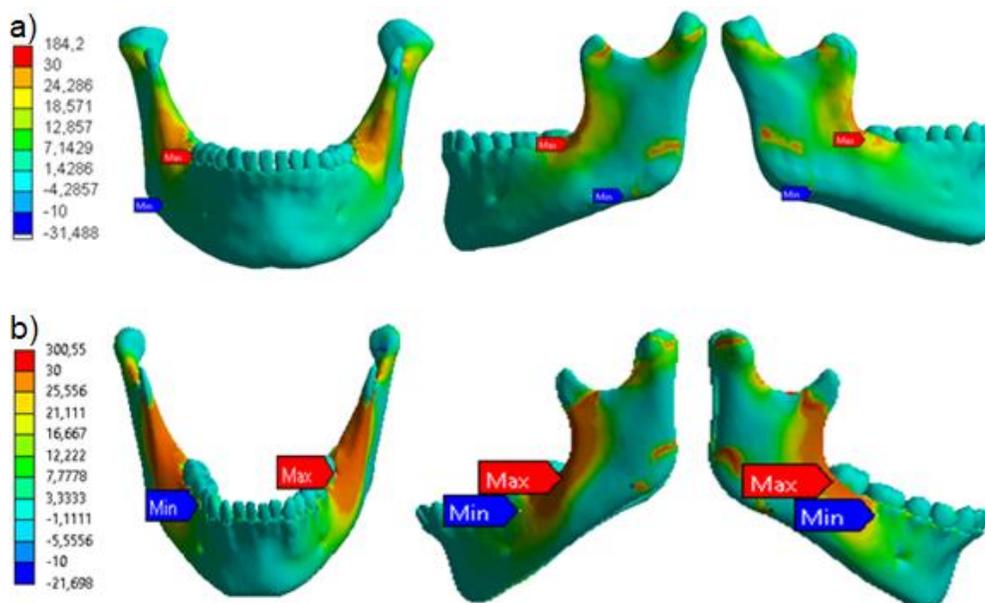
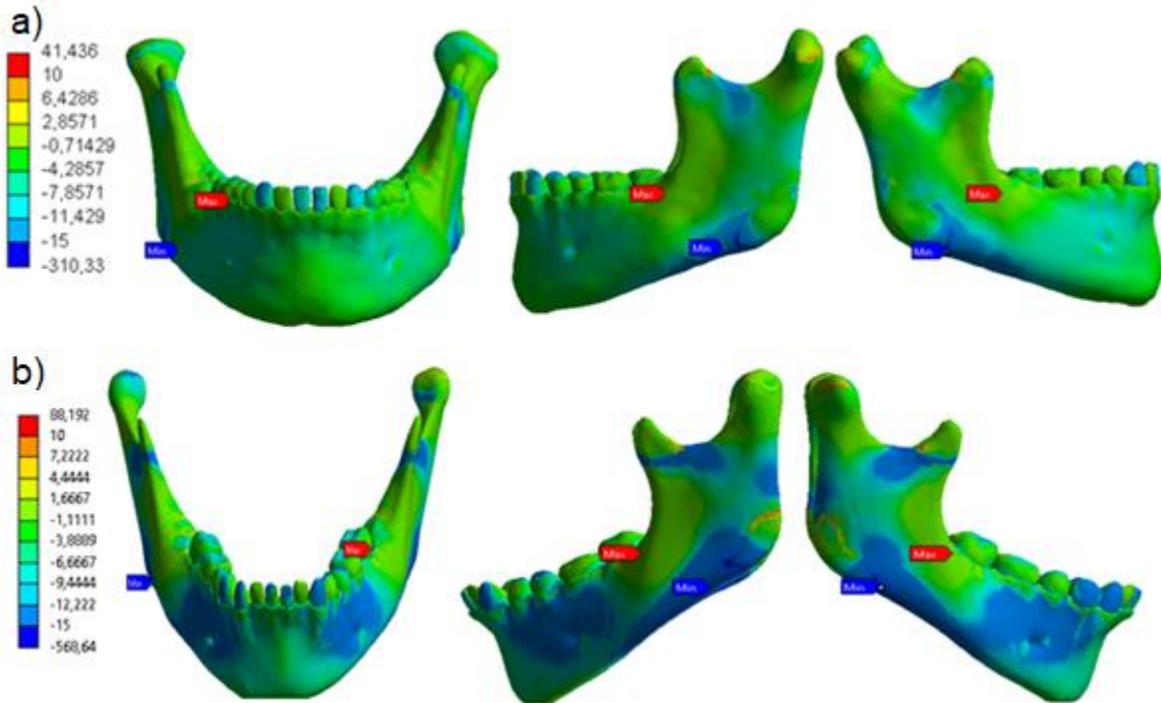


Figura 49 Esfuerzo máximo maxilar inferior.
 Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys.
 Unidades en MPa

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 50 Esfuerzo mínimo maxilar inferior.
a) Modelo realizado por (Alonso & Torres, 2019) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa*

Para la deformación total se observa una deformación similar en donde la zona con mayor afectación se encuentra en la parte central del maxilar, en el área de los dientes incisivos. Mientras que la menor deformación se ubica en la zona de la rama maxilar y los cóndilos. En relación a los esfuerzos máximos y mínimos principales, se obtiene una similitud tanto cualitativa como cuantitativa. En los esfuerzos máximos principales, los resultados se encuentran dentro del rango de -4,2857 MPa y 25,556 MPa y el área donde se presenta la mayor concentración de esfuerzos se ubica en el arco de la rama maxilar. En cuanto a los esfuerzos mínimos principales se encuentran en un

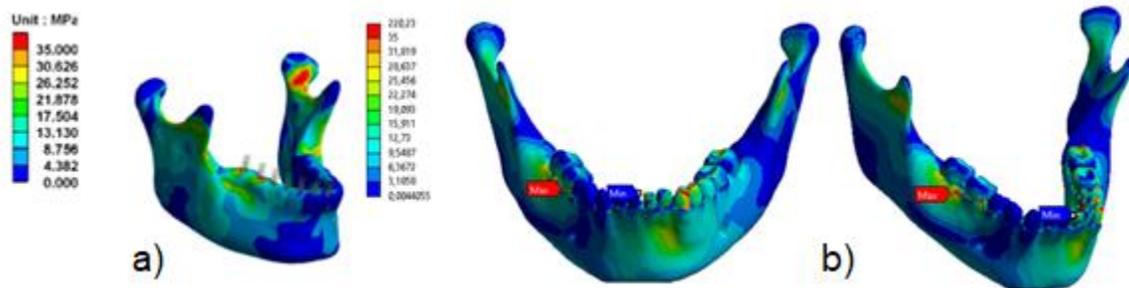
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

rango de -15 MPa y -0,71429 MPa ubicando el área de menor esfuerzo en la cercanía del ángulo maxilar.

Aplicación De Cargas Musculares Maxilar Inferior

Para el maxilar inferior se realizó la comparación con el estudio realizado por (Pei-Ju & Kou-Chih, 2020) donde se el objetivo era analizar biomecánicamente el impacto de los implantes en la oclusión bucal. Este estudio tuvo en cuenta el accionamiento muscular de los músculos masetero, temporal y pterigoideo. En lo referente a las condiciones de frontera, fijaron los molares, premolares y el canino del arco izquierdo de la cavidad bucal. Las cargas utilizadas para este estudio se distribuyeron en dos: para el arco bucal del lado derecho se aplicó una carga en el masetero superior de 137.1N, en el masetero profundo de 58.8N, en el pterigoideo medial de 146.8N, en el temporal anterior de 115.3N, en el temporal medial de 63.1N, y en el temporal posterior de 44.6N. En cuanto al arco bucal del costado izquierdo las cargas fueron de 114.2N en el masetero superior, 49N en el masetero profundo, 104.9N en el pterigoideo medial, 91.6N en el temporal anterior, 64.1 en el temporal medial 64.1N, y 29.5 en el temporal posterior.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



*Figura 51 Modelo con cargas musculares maxilar inferior.
a) Modelo realizado por (Pei-Ju & Kou-Chih, 2020) b) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. Unidades en MPa*

En la Figura 51 se puede observar que la distribución de esfuerzos es similar notando que los esfuerzos mínimos se presentan en la zona donde inicia el músculo masetero (ángulo maxilar) y en la zona superior de los cóndilos y la apófisis corónides, mientras que los mayores esfuerzos se encuentran ubicados en la rama del maxilar con trayectoria hacia el mentón.

También se realizó la comparación del modelo con el estudio realizado por (Mishra & Makhija, 2017), donde evaluaron la distribución de tensiones en la mandíbula humana al aplicar diferentes cargas, con la finalidad de realizar diagnósticos patológicos más adecuados a las maloclusiones en la cavidad bucal. Las condiciones de carga aplicadas en este estudio fueron replicadas de la misma manera. Para el músculo masetero se aplicó una carga de 376 N, para el músculo temporal de 427 N, para el músculo pterigoideo lateral de 37,3 N, y para el músculo pterigoideo medial de 207 N. En cuanto a las condiciones de frontera en este estudio se restringió el movimiento en la zona dental.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En la Figura 52, se muestra la distribución de los esfuerzos por Von-Mises donde se observa que la mayor concentración de esfuerzos se presentó en los cóndilos maxilares de igual manera, la zona con menor concentración de esfuerzo se ubica hacia la parte del mentón.

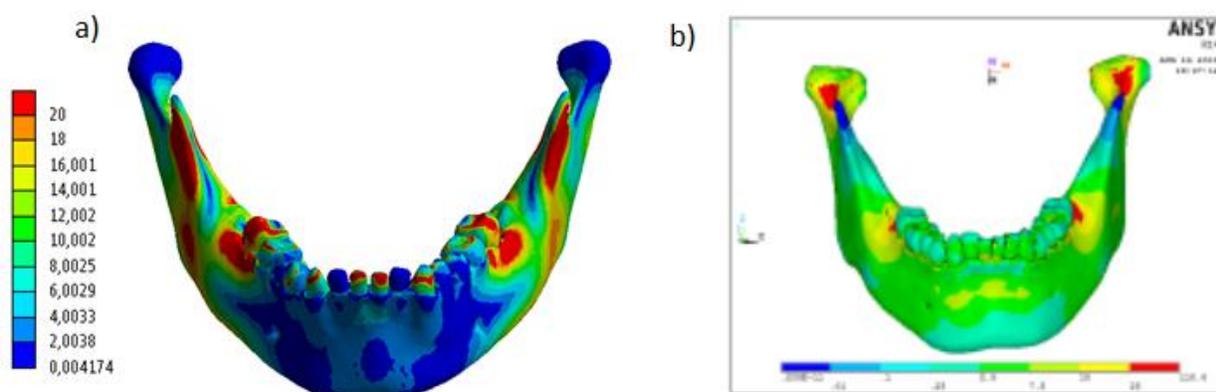


Figura 52 Modelo comparativo tensiones musculares.

a) Resultado obtenido mediante este trabajo en Ansys. b) Modelo realizado por (Mishra & Makhija, 2017). Unidades en MPa

Realizando una comparativa con estudios de la misma índole donde se tiene en cuenta el accionamiento muscular (Pei-Ju & Kou-Chih, 2020) (Bevilacqua Prado, y otros, 2013) (Mishra & Makhija, 2017), se logró determinar que las áreas de esfuerzo con cargas musculares tienden a desarrollarse en un área mayor, en comparación con los estudios donde solo se aplican cargas perpendiculares.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Análisis De La Investigación

El comportamiento estructural de los maxilares con el accionamiento muscular logró identificar que para el maxilar superior los esfuerzos máximos se presentan sobre la región del arco cigomático, esto teniendo en cuenta que éste es el punto de origen del músculo masetero y se ubica en una región con sección de área transversal menor. En el maxilar inferior se identificó el área de esfuerzos máximos sobre los cóndilos, y la rama maxilar, zonas donde tiene participación los músculos masetero y pterigoideo.

Como se observa en los resultados los maxilares presentan picos de esfuerzo en las conexiones creadas entre los dientes y la estructura ósea, partiendo de esto para futuros trabajos es recomendable incluir el ligamento periodontal, el cual es una parte de sujeción de los dientes que cubre completamente la raíz y la une al hueso maxilar. Además, el ligamento periodontal permite que las fuerzas que actúan sobre los dientes al masticar se transmitan al hueso protegiéndolos frente a una carga que los pueda llegar a fracturar (Fábregues, 2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar las cargas musculares y las cargas de masticación se logra identificar que el efecto mecánico se contrarresta entre diferentes grupos musculares y, por eso, no tiene un efecto significativo en la respuesta biomecánica de la estructura ósea de la cavidad oral. Como se pudo evidenciar en este estudio al simular conjuntamente las cargas de masticación con las cargas musculares,

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

y compararlas con respecto a los estudios en los cuales solo se aplican las cargas puntuales de masticación, la variación de los valores obtenidos en el maxilar superior para la deformación total fue de 0,0363 mm, para los esfuerzos máximos principales fue de 1,792 MPa y para los esfuerzos mínimos principales fue de 2,363 MPa. Mientras que, para el maxilar inferior, debido a los picos e irregularidades que se presentaron en el modelo, la variación para la deformación total fue de 0,42 mm, los esfuerzos máximos principales de 34,24 MPa y mínimos principales de 260,85 MPa.

Cualitativamente se encontró una variación en las zonas donde se sitúan las deformaciones y los esfuerzos máximos y mínimos; para el maxilar superior la zona de deformación máxima y esfuerzo máximo con aplicación de cargas musculares se ubica en el arco cigomático, mientras que con las cargas puntuales la deformación y el esfuerzo máximo se presenta en los incisivos centrales. En cuanto a los esfuerzos mínimos la zona donde se presentan es similar en ambos casos la zona de interacción de los esfuerzos es cercana a los huesos nasales.

Para el maxilar inferior las zonas donde se sitúa la deformación máxima en el modelo con cargas musculares se localiza en los cóndilos, mientras que con cargas puntuales se ubica en los incisivos centrales. En cuanto al esfuerzo máximo y mínimo en el modelo con cargas musculares el esfuerzo máximo y el esfuerzo mínimo se ubican en el ángulo maxilar, mientras que con cargas puntuales estos esfuerzos se reflejan en la rama maxilar.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Capítulo 6

Conclusión Y Trabajos Futuros

Esta investigación analizó, por el método de los elementos finitos, la influencia de las cargas musculares en la biomecánica de la cavidad bucal al realizar el proceso de masticación. Gracias a esta investigación se logra demostrar que la influencia de los músculos en los análisis estáticos biomecánicos puede ser obviada debido a que por efectos de equilibrio la respuesta mecánica es prácticamente nula, aun cuando las zonas críticas de los estudios varían de acuerdo a las condiciones de frontera.

Se espera que, para trabajos futuros, se pueda comenzar a analizar en la cavidad bucal las patologías, con el fin de observar las variaciones de esfuerzo y el comportamiento de los músculos en cada tipo de maloclusión. De igual manera realizar simulaciones transitorias con accionamiento de cargas musculares y, de ser posible, incluir otros tejidos como la articulación temporomandibular o el ligamento periodontal.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Referencias

- Aguilar Gutiérrez, M. (2000). *Biomecánica: La Física y la Fisiología*. Madrid: EBCOMP.
- Ajmera, D., Singh, P., Wang, C., Song, J., Xiao, S., & Fan, Y. (2017). Analysis of dentoalveolar structures with novel corticotomy-facilitated mandibular expansion: A 3-dimensional finite element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(4), 767-778.
- Alcantara, B., Osorno, C., Alfaro, P., Oliva, K., Cenoz, E., Flores, B., & Téllez, A. (2017). Eficiencia masticatoria, máxima fuerza de mordida y correlación con el tiempo-ciclos masticatorios. *Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*, 18(58), 1510–1515.
- Alfaro Moctezuma, P., Ángeles Medina, F., Osorno Escareño, M., Núñez Martínez, J., & Romero Esquiliano, G. (2012). Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I. *Revista ADM*, 108-113.
- Alfonso Sánchez, A., & Delgado Cotrina, L. (2006). Estado oclusal y rendimiento masticatorio. *Scielo*, 44(2), 176-183.
- Almandoz Calero, A. R. (2011). Clasificación De Maloclusiones. *Universidad Peruana*.
- Alonso, A., & Torres, J. (2019). Análisis Biomecánico Del Efecto De Las Cargas De Masticación En La Estructura Ósea De La Cavidad Oral, Mediante Simulación Computacional. . *Análisis Biomecánico Del Efecto De Las Cargas De Masticación En La Estructura Ósea De La Cavidad Oral, Mediante Simulación Computacional*. Bogotá, Colombia .
- Americana, C. L. (s.f.). *Anatomía y Fisiología Del Cuerpo Humano*. Buenos Aires: Grupo Clasa.
- Anselmo Apodaca, L. (2004). *Fundamentos de Oclusión*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Aristizabal Hoyos, J. A., López Soto, O. P., & López Soto, L. M. (2017). Actividad y Fuerza de Maseteros y Temporales de Pacientes Rehabilitados con Sobredentadura vs Pacientes Dentados. *J. Odntostomat*, 224-230.
- Ayala, J. E. (1990). *Anatomía Dental y De La Oclusión* . Pueblo y Educación .
- Bahr, R., & Maehlum, S. (2007). *Lesiones Deportivas, Diagnóstico, Tratamiento y Rehabilitación*. Medica Panamericana S.A.
- Barcelona, S. d.-H. (20 de Septiembre de 2017). *faros.hsjdbcn.org*. Obtenido de [sjdhospitalbarcelona.org: https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/causas-maloclusion-prevencion-tratamiento](https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/causas-maloclusion-prevencion-tratamiento)
- Barcelona, U. d. (2016). *Hospital Odontologic*. Obtenido de <http://www.hospitalodontologicub.cat/es/servicios/9/trastornos-de-la-articulacion-temporomandibular-atm>
- Becerra, F. G. (2005). Fundamentos Biomecánicos. *Fundamentos Biomecánicos*.
- Beltre , C. (febrero de 2019). *Anatomiatopografica.com*. Obtenido de <https://www.anatomiatopografica.com/huesos/hueso-frontal/>
- Benazzi, S., Nguyen, H., Kullmer, O., & Kupczik, K. (2016). Dynamic modelling of tooth deformation using occlusal kinematics and finite element analysis. *Plos One*, 11(3), 1-17.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Bernascon, D., & Bernascon, V. (2003). *Kinesiología. Equilibre sus energias*. Paidotribo.
- Bevilacqua Prado, F., Notitomi, Y., Rodrigues Freire, A., Rossi, A. C., Haiter Neto, F., & Henrique., F. C. (2013). Stress Distribution in Human Zygomatic Pillar. *J. Morphol*, 1386-1392.
- Bevilacqua, F. (2010). Dissipação de tensão mecânica pelo pilar zigomático humano durante a oclusão molar - análise de elemento finito. Piracicaba: Biblioteca Da Faculdade De Odontologia De Piracicaba.
- Bevilacqua, F., Rodrigues, A., Noritomi, Y., Rossi, A., Haiter, F., & Ferreira, P. (2013). Stress Distribution in Human Zygomatic Pillar Using Three-Dimensional Finite Element Analysis. *Int. J. Morphol*, 31(4), 1386-1392.
- Bhatka, R., Throckmorton, G., Wintergerst, A., Hutchins, B., & Buschang, P. (2004). Bolus size and unilateral chewing cycle kinematics. *Archives of Oral Biology*, 49(7), 559-566.
- Blanco Moreno, C. D. (s.f.). *Clinica Dental BlancoMoreno*. Obtenido de Clinica Dental BlancoMoreno: www.ClinicaDentalBlancoMoreno.com
- Blanco, Y. (2011). Anatomía clínica de la articulación temporomandibular (ATM). *Morfología*, 23-33.
- Bohluli, B., Mohammadi, E., Oskui, I., & Moaramnejad, N. (2019). Treatment of mandibular angle fracture: Revision of the basic principles. *Chinese Journal of Traumatology*, 117-119.
- Börger, S., Tapia, O., Cáceres, P., López, Y., Ormazábal, R., Rosales, S., & Quintana, T. (2010). Métodos de Evaluación del Rendimiento Masticatorio. Una Revisión. *Clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 51-55.
- Bosiakov, S., Vinokurova, A., & Dosta, A. (2017). Craniofacial Stress Patterns and Displacements After Activation of Hyrax Device: Finite Element Modelling. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 15(3), 517.
- Bratos, P. (31 de 03 de 2021). *Ferrus & Bratos*. Obtenido de Ferrus & Bratos: <https://www.clinicaferrusbratos.com/mordida/cruzada/>
- Burr, D., Forwood, M., Fyhrie, D., Martin, R., Schaffler, M., & Turner, C. (1997). Bone Microdamage and Skeletal Fragility in Osteoporotic and Stress Fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(1), 6-15.
- Caceres, P. (4 de Marzo de 2018). *Anatomía Topográfica*. Obtenido de <https://www.anatomiatopografica.com/musculos/musculo-estilohioideo/>
- Cadova, M., & Gallo, L. M. (2013). Is Opensim Suitable For Masticatory System Analysis. *Russian Journal Of Biomechanics*, 53-67.
- Calzado, A., & Geleijns, J. (2010). Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. *Física Médica*.
- Chen, J., Khandelwal, N., Liu, Z., & Funami, T. (2013). Influences of food hardness on the particle size distribution of food boluses. *Archives of Oral Biology*, 58(3), 293-298.
- Cheng, H.-Y., Peng, P.-W., Lin, Y.-J., Chang, S.-T., & Pan, Y.-N. (2013). Stress analysis during jaw movement based on vivo computed tomography images from patients with temporomandibular disorders. *Oral and maxillofacial surgery*, 386-392.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Cheng, Y., Cheung, W., & Tak, W. (2010). Strain analysis of maxillary complete denture with three-dimensional finite element method. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(5), 309-318.
- Choi, D., Cha, B., Jang, I., Kang, K., & Kim, S. (2013). Three-dimensional finite element analysis of occlusal stress distribution in the human skull with premolar extraction. *Angle Orthodontist*, 83(2), 204-211.
- Clinica, D. (Noviembre de 2020). <https://clinicadentalgranvia.com/tipos-de-mordida/>. Obtenido de <https://clinicadentalgranvia.com/tipos-de-mordida/>: <https://clinicadentalgranvia.com/tipos-de-mordida/>
- Commisso Cuñarro, M. S. (2010). Biomecánica de la mandíbula humana. *Monografía de título de Madter presentada a la Escuela superior de ingenieros industriales de la Universidad de Sevilla*, 9-30.
- Crestanello, J., Luzardo, C., & Arismendi, C. (2008). Deficiencia maxiliar transversal en adultos. Controversias sobre la disyunción palatina rápida asistida quirúrgicamente. *Actas odontológicas*, 15-22.
- Cruz, M., Wassal, T., Toledo, E., Barra, L., & Lemonge, A. (2003). Three-dimensional finite element stress analysis of a cuneiform-geometry implant. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 18(5), 675-684.
- Curiqueo, A., Salamanca, C., Borie, E., Navarro, P., & Fuentes, R. (2015). Evaluación de la Fuerza Masticatoria Máxima Funcional en Adultos Jóvenes Chilenos Evaluation of Functional Maximum Bite Force in Chilean Young Adults. *Int. J. Odontostomat*, 9(3), 443-447.
- da Silva, B., Moreira, J., da Silva, F., & de Aguiar, A. (2011). Finite Element Analysis Applied to Dentoalveolar Trauma: Methodology Description. *ISRN Dentistry*, 1-5.
- Daza, V. A. (3 de Junio de 2018). *AD Fisioterapia Valencia*. Obtenido de *AD Fisioterapia Valencia*.
- De Leeuw, R., & Klasser, G. (2008). *Orofacial pain: guidelines for assessment, diagnosis, and management*. Chicago: Quintessence.
- de Zee, M., Dalstra, M., Cattaneo, P., Rasmussen, J., Svensson, P., & Melsen, B. (2007). Validation of a músculo-skeletal model of the mandible and its application to mandibular distraction osteogenesis. *Journal of Biomechanics*, 1192-1201.
- Dejak, B., Mlotkowski, A., & Romanowicz, M. (2005). Finite element analysis of mechanism of cervical lesion formation in simulated molars during mastication and parafunction. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(6), 520-529.
- Ding, Q., & Patten, C. (2018). External biomechanical constraints impair maximal voluntary grip force stability post-stroke. *Clinical Biomechanics*, 26-34.
- Dominguez Guimaraes Duarte, A., & Merchan-Hamann, E. (2004). Kinesioterapia Colectiva. *Revista Cubana de Salud Pública.*, 30, 1-12.
- Dunoyer, A. (2014). *Resistencia a la masticación de alimentos de alta dureza*. Cartagena: Facultad odontologica de la universidad de cartagena.
- Durán, A., Rodríguez, M., De La Teja, E., & Zebadua, M. (Junio de 2012). Succión, deglución, masticación, y sentido del gusto prenatales. *Pediátrica de México*, 33(3), 137-141.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Engelen, L., Fontijn-Tekamp, A., & Van Der Bilt, A. (2005). The influence of product and oral characteristics on swallowing. *Archives of Oral Biology*, 50(8), 739-746.
- Fagan, M., Higgins, P., & Gro, F. (2012). Modeling the Human Mandible Under Masticatory Loads : Which Input Variables are Important . *The Anatomical Record*, 863, 853-863.
- Farias, S., Custodio, W., Moura, J., Cury, A., & Rodrigues, R. (2010). Correlation of mastication and masticatory movements and effect of chewing side preference. *Brazilian Dental Journal*, 21(4), 351-355.
- Felez, O. (2011). Simulación por elementos finitos de la mecánica de la masticación. *Monografía de sustentación de carrera para la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza*, 1-54.
- Fernández, A. B. (2012). Evaluación De La Viabilidad De Los Condrocitos De La Articulación Temporomandibular Para Su Utilización En Ingeniería Tisular Maxilofacial. Editorial de la Universidad de Granada.
- Fernández, P. J., Andrade da Cunha, D., Aragao Albuquerque, L. C., Lais da Silva, C., Freire da Silva, N., & Justino da Silva, H. (2014). Importancia de la musculatura supra e infrahioides en la biomecánica mandibular. *Logopedia, Foniatría y Audiología.*, 180-184.
- Finlayson, A. (2008). La Tomografía Computarizada de Haz Cónico. *Usta Salud*.
- Fisioterapia Valencia. (s.f.). *Fisioterapia Valencia* . Obtenido de <https://adfisioterapiavalencia.com/blog/disfuncion-de-la-articulacion-temporomandibular>
- Fontijn-Tekamp, F., Van Der Bilt, A., Abbink, J., & Bosman, F. (2004). Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiology and Behavior*, 83(3), 431-436.
- Forno, C. (2012). Biomecánica. *Revista de Kinesología de la Universidad de Pedro de Vlavidia*, 56-67.
- Friedländer, C. (2 de Abril de 2019). *Friedländer Clínica Dental*. Obtenido de <https://www.clinicafriedlander.com/clasificacion-de-las-maloclusiones-1a-parte/>
- Frost, H. M. (1973). Bone Remodelling and its Relationship to Metabolic Diseases. *Springfield IL*, 1-10.
- Gelves, M., Velosa, J., & Perez, B. (2016). Efecto de las fuerzas oclusales sobre el periodonto analizado por elementos finitos. *Universidad Odontológica*, 35(74), 85-92.
- Gélvez Vera, M. A., Pérez Gutiérrez, B., & Velosa Porras, J. (2016). Fuerzas sobre periodonto normal. *Universitas Odontológicas*, 35(74), 22.
- Gélvez, M., Velosa, J., & B., P. (2016). Efecto de las Fuerzas Oclusales Sobre el Periodonto Analizado por Elementos Finitos. *Univesidad Odontologica*, 35-74.
- Gélvez, M., Velosa, J., & Pérez, B. (2016). Efecto de las fuerzas oclusales sobre el periodonto analizado por elementos finitos. *Universidad Odontológica*, 85-92.
- Goiato, M., Zuim Junqueira, P. R., Moreno, A., dos Santos, D., da Silva, E., de Caxias, F., & Turcio, K. (2016). Does pain in the masseter and anterior temporal muscles influence maximal bite force? *Archives of Oral Biology*, 1-6.
- Goiato, M., Zuim, P., Moreno, A., Junqueira, P., Dos Santos, D., Da Silva, E., & Caixas, F. (2017). Does pain in the masseter and anterior temporal muscles influence maximal bite force? *Archives of Oral Biology*, 83, 1-6.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Grbović, A., & Mihajlović, D. (2017). Practical Aspects of Finite Element Method Applications in Dentistry. *Balkan Journal of Dental Medicine*, 21(2), 69-77.
- Gronning, F., Fagan, M., & Ohiggins, P. (2012). Modeling the Human Mandible Under Masticatory Loads : Which Input Variables are Important ? *The anatomical record*, 853-863.
- Gross, M., Arbel, G., & Hershkovitz, I. (2001). Three-dimensional finite element analysis of the facial skeleton on simulated occlusal loading. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(7), 684-694.
- Guerrero, A., Silva, T., Macari, S., de Las Casas, E., & Garzon, D. (2019). Influence of interdigitation and expander type in the mechanical response of the midpalatal suture during maxillary expansion. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*.
- Hansdottir, R., & Bakke, M. (2004). Joint tenderness, jaw opening, chewing velocity, and bite force in patients with temporomandibular joint pain and matched healthy control subjects. *Journal of orofacial pain*, 18(2), 108-113.
- Haralur, S., Majeed, M., Chaturvedi, S., & Alfarsi, M. (2019). Association between preferred chewing side and dynamic occlusal parameters. *Journal of International Medical Research*, 47(5), 1909-1914.
- Hay, J. G. (1978). *The biomechanics of sports techniques* (2 ed ed.). Prentice Hall.
- Heo, K., Lim, Y., Kim, M., & Kwon, H. (2018). Three-dimensional finite element analysis of the splinted implant prosthesis in a reconstructed mandible. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 138-146.
- Hirabayashi, M., Motoyoshi, M., Ishimaru, T., Kasai, K., & Namura, S. (2012). Stresses in mandibular cortical bone during mastication: Biomechanical considerations using a three-dimensional finite element method. *Journal of Oral Science*, 44(1), 1-6.
- Hoefert, S., & Taier, R. (2018). Mechanical stress in plates for bridging reconstruction mandibular defects and purposes of double plate reinforcement. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 785-794.
- Huang, H., Tsai, C., Lee, H., Lin, C., Yao, W., Chiu, W., & Lee, S. (2006). Damping effects on the response of maxillary incisor subjected to a traumatic impact force: A nonlinear finite element analysis. *Journal of Dentistry*, 34(4), 261-268.
- Huarcaya, J. S. (2012). Características Generales de los dientes. *Anatomía Dental y Oclusion*, 1-71.
- Hussein, F., Salloomi, K., Abdulrahman, B., Al-Zahaw, A., & Sabr, L. (2019). Effect of thread depth and implant shape on stress distribution in anterior and posterior regions of mandible bone: A finite element analysis. *Dental Research Journal*, 200-207.
- Hylander. (1979). *L'articulation temporo-mandibulaire des hominidés*.
- Ibáñez Mancera, N. G. (2015). *Propedéutica y Semiología en Odontología*. Barcelona: Elsevier.
- Ignacio Zalba, J. (2016). La importancia de Masticar correctamente. *Zalba clinica dental* , 5-10.
- Ilerna. (Enero de 2018). *Blog De Ilerna Online*. Obtenido de Blog De Ilerna Online: ilerna.es/blog/fp-oline/dientes
- Infante Contreras, C. (2009). Fundamentos Para la Evaluación del Crecimiento, Desarrollo y Función Craneofacial. 188-195.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Ingervall, B., & Thilander, B. (1974). Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles. *J Oral Rehab*, 131-147.
- Isaza Saldarriaga, J. F., Correa Veléz, S., & Roldán Restrepo, S. (2011). Simulación numérica por el método de elementos finitos del comportamiento de una mandíbula ante un dispositivo de tracción cervical mandibular. *Brazilian Journal Of Engenharia Biomedica*, 27, 135-146.
- Isaza, J. F., Correa, S., & Roldán, S. (2011). Simulación numerica porel metodo de elementos finitos del comportamiento de una mandíbula ante un dispositivo de tracción cervical mandibular. *Engenharia Biomédica*, 135-146.
- Izquierdo, M., & Redín, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Fisica y el Deporte*. Panamericana .
- Jalabert-Malbos, M., Mishellany-Dutour, A., & Woda, A. (2007). Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Quality and Preference*, 18(5), 803-812.
- Janovic, A., Milovanovic, P., Saveljic, I., Nikolic, D., Hahn, M., Rakocevic, Z., . . . Djuric, M. (2014). Microstructural properties of the mid-facial bones in relation to the distribution of occlusal loading. *Bone*, 68, 108-114.
- Janovic, A., Saveljic, I., Vukicevic, A., Nikolic, D., Rakocevic, Z., Jovicic, G., . . . Djuric, M. (2015). Occlusal load distribution through the cortical and trabecular bone of the human mid-facial skeleton in natural dentition: A three-dimensional finite element study. *Annals of Anatomy*, 197, 16-23.
- Jiménez, A., Peña, C., Lee, X., Vergara, C., Tovar, J., & Raúl, F. (2016). Patología temporomandibular asociada a masticación unilateral en adultos y jóvenes. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral.*, 125-131.
- Jordan L, O. (2013). *Finite Element Analysis of Maxillary Central Incisor Trauma*. Minnesota.
- Kent Stavness, I. (2010). A Computational Model of Human Mandibular-Lingual Biomechanicsfor Biomedical Applications.
- Khiabani, K., Keyhan, S., Razmdideh, R., Chaleh, Z., & Amirzade, M. (2018). Effect of different miniplate osteosynthesis in different mandibular angle fracture patterns on bite force: A 3D finite element analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology*, 30(4), 324-329.
- Kim, H., Park, J., Kim, N., Shin, Y., Park, M., & Chun, Y. (2012). Finite element modeling technique for predicting mechanical behaviors on mandible bone during mastication. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 4(4), 218.
- Knapp, S. (2018). *Biology Dictionary*. Obtenido de <https://biologydictionary.net/parietal-bone/>
- Lepley, C., Throckmorton, G., Parker, S., & Buschang, P. (2010). Masticatory performance and chewing cycle kinematics- Are they related? *Angle Orthodontist*, 80(2), 295-301.
- Lüpke, M., Gardemin, M., Kopke, S., Seifert, H., & Staszyc, C. (2010). Finite element analysis of the equine periodontal ligament under masticatory loading. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 97(3-4), 101-106.
- Ma, Limin, Qi, Xiangdong, Qin, Jianzeng, Zhong, Shizhen, Zhong, Shizhen, Zhang, Bin, & Xia, Hong. (2013). Effects of the closing and opening muscle groups on jaw condyle

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- biomechanics after prominent mandibular angle osteotomy. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 41(5), 408-411.
- MacGinnis, M., Chu, H., Youssef, G., Wu, K., Machado, a., & Moon, W. (2014). The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex-- a finite element method (FEM) analysis. *Progress in orthodontics*, 15, 52.
- Manual msd. (s.f.). *Manual msd*. Obtenido de <https://www.msdmanuals.com/es-co/professional/trastornos-odontol%C3%B3gicos/trastornos-temporomandibulares/generalidades-sobre-los-trastornos-temporomandibulares>
- Marcé-nogué, J., Püschel, T., & Kaiser, T. (2017). A biomechanical approach to understand the ecomorphological relationship between primate mandibles and diet. *Scientific Reports*, 1-12.
- Marín Fernández , A. B. (2012). Evaluación de la viabilidad de los condrocitos de la articulación temporomandibular para su utilización en ingeniería tisular maxilofacial. *Sustentacion Tesis doctoral para la Universidad de Granada, Departamento de Histología Servicio de Cirugía Oral y Maxilofacial*, 1-141.
- Martines, E. (2018). *A Comprehensive Finite Element Model of the Human Masticatory System*. Merida, Venezuela.
- Martinez, S., Lenz, J., Schweizerhof, K., & Schindler, H. (2015). A Variable Finite Element Model of the Overall Human Masticatory System for Evaluation of Stress Distributions during Biting and Bruxism. *10ª European LS-DYNA Conference, 2015, Germany*(11).
- Maxilofacial, I. (2018). *Instituto Maxilofacial*. Obtenido de <https://www.institutomaxilofacial.com/es/tratamiento/cirugia-oral-y-maxilofacial-articulacion-temporomandibular/>
- Maxilofacial, I. (15 de Noviembre de 2019). *Instituto Maxilofacial*. Obtenido de <https://www.institutomaxilofacial.com/es/2019/11/15/clasificacion-de-la-mordida/>
- McCormack, S., Witzel, U., Watson, P., Fagan, M., & Gröning, F. (2017). Inclusion of periodontal ligament fibres in mandibular finite element models leads to an increase in alveolar bone strains. *PLoS ONE*, 12(11), 1-23.
- MedilinePlus. (14 de febrero de 2017). *Trastorno de la articulación temporomandibular*. Obtenido de MedilinePlus.gov: <https://medlineplus.gov/spanish/temporomandibularjointdysfunction.html>
- Mejía Umaña, F., & Calle Orjuela, M. L. (Abril de 2005). Estudio de una patología dental por medio de elementos finitos. *Ingeniería e Investigación* (57), 15-21.
- Melrose, J., Perroy, R., & Careas, S. (2015). Eficiencia masticatoria. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 569-572.
- Milic-Lemic, A., Tanasic, I., & Tihacek-Sojic, L. (2018). Stress and strain distribution in the lower jaw with shortened dental arch - a finite element method study. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 629-633.
- Mishra, K., & Makhija, P. (2017). Evaluation of masticatory stress distribution in mandible of class I , II , III malocclusion cases : a CBCT developed finite element method study. *Journal of Contemporary Orthodontics*, 28-33.
- Mizraji, M., & Freese, A. (2012). Sistema estomatognático Stomatognathic system. *Actas odontológicas*, 35-57.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Montañez Supelano, N. D., & Solares Navarro, L. R. (2013). Prototipo de hueso humano y propiedades mecánicas. *Revista ION*.
- Montañez, N., & Solares, L. (2016). Prototipo de hueso humano y propiedades mecánicas de un biomaterial a partir de ramas de guadua. *Semillero de Investigación en Biomateriales e Ingeniería de Tejidos*, 39-46.
- Morales, F. J. (2007). Clasificación de la maloclusión en los planos anteroposterior, vertical y transversal. *Revista ADM*, 97-109.
- Moya, M., Marquardt, K., Olate, S., & Moya, M. (2017). Characterization of the Masticatory Function in University Students. *Int. J. Odontostomat*, 11(4), 495-499.
- Mundo, B. (18 de julio de 2017). *BBC News Mundo*. Obtenido de BBC Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40631290>
- Naranjo, A. (2015). Anatomía del cuello. *Bioingeniería UNSJ*, 1-25.
- Navarra, C. U. (2 de junio de 2015). *Diccionario Médico*. Obtenido de Cun.es: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/neuromuscular>
- Newton, J., Abel, R., Robertson, E., & Yemm, R. (1987). Changes in human masseter and medial pterygoid muscles with age. *Medline*, 151-154.
- Nisbett, B., & Budynas, R. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica Shigley*. Monterrey: Mc Graw Hill.
- Niurka Odalmis, S., Corona Carpio, M., Rey Prada, B., Arias Arañó, Z., & Perdomo Marsilly, X. (2006). Gravedad de la disfunción temporomandibular. *Clínica Estomatológica Provincial*, 56-76.
- Odontologos, P. (21 de Junio de 2017). *Portal Odontologos.MX*. Obtenido de <https://www.odontologos.mx/odontologos/noticias/2630/clasificacion-angle>
- Okeson, J. P. (2013). *Tratamiento De Oclusión y Afecciones Temporomandibulares* (Octava ed.). Barcelona, España: Elsevier.
- Pakdel, A., Whyne, C., & Fialkov, J. (2017). Structural biomechanics of the craniomaxillofacial skeleton under maximal masticatory loading: Inferences and critical analysis based on a validated computational model. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 70(6), 842-850.
- Palomino, H., & Villanueva, P. (2003). Anomalías dentomaxilares, malos hábitos orales y alteraciones fonarticulatorias en la población endogámica del archipiélago de Juan Hernández. *Ortopedia maxilar de la facultad de odontología universidad de Chile*, 8-15.
- Patriquin, M. L. (Octubre de 2013). The Relationship Between Masticatory Stress And Prognathism a Finite Element And Morphometric Study. Sudafrica.
- Pegoretti, A., Fambri, L., Zappini, G., & Bianchetti, M. (2002). Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials*, 23(13), 2667-2682.
- Pei-Ju, L., & Kou-Chih, S. (2020). Biomechanical Design Application on the Effect of Different Occlusion Conditions on Dental Implants with Different Positions. *Applied Sciences*.
- Pepicelli, A., Woods, M., & Briggs, C. (Diciembre de 2005). La importancia de los músculos mandibulares en la Ortodoncia. *AJO*, 128(6), 774-779.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Pérez del Palomar, A., Cegoñino, J., López Arranz, J., & De Vicente, J. L. (2003). Simulación por elementos finitos de la articulación temporomandibular. *Servicio de cirugía oral y maxilofacial*, 13.
- Pérez Tapia, N. (2005). Osteoporosis: factor de riesgo de la enfermedad periodontal. *Monografía de Ascenso presentado a la Universidad del zulia, Venezuela*, 2-53.
- Pinheiro, M., & Alves, J. (2015). The feasibility of a custom-made endoprosthesis in mandibular reconstruction: Implant design and finite element analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(10), 2116-2128.
- PNGOCEAN. (s.f.). PNGOCEAN. Obtenido de <https://www.pngocean.com/gratis-png-clipart-dkgpe>
- Poiate, I., Vasconcellos, A., Mori, M., & Poiate, E. (2011). 2D and 3D finite element analysis of central incisor generated by computerized tomography. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104(2), 292-299.
- Prado, P., Freire, A., Ledogar, J., Rossi, A., Smith, A., Dechow, P., . . . Ross, C. (2016). Review of In Vivo Bone Strain Studies and Finite Element Models of the Zygomatic Complex in Humans and Nonhuman Primates: Implications for Clinical Research and Practice. *Anatomical Record*, 299(12), 1753-1778.
- Provatidis, C., Georgiopoulos, B., Kotinas, A., & McDonald, J. (2007). On the FEM modeling of craniofacial changes during rapid maxillary expansion. *Medical Engineering and Physics*, 29(5), 566-579.
- Quijano Blanco, Y. (2011). Anatomía clínica de la articulación temporomandibular. *Morfología*.
- Quijano Blanco, Y. (2011). Anatomía Clínica De La Articulación Temporomandibular. *Morfología*, 3, 11.
- Ramos, A. (marzo de 2016). *rehabilitacion premium madrid*. Obtenido de <https://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/angel-ramos/anatomia-hueso-occipital/>
- Ricard, F. (2005). *Tratado de osteopatía Craneal. Articulación temporomandibular*. . Panamericana.
- Rivic, S. (julio de 2014). *Ecured, Anatomía humana*. Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php?title=Hueso_Parietal&action=history
- Rodium. (2019). *Rodium Dental*. Obtenido de <https://www.rodiumdental.com/patologias-frecuentes-que-requieren-de-un-tratamiento-de-ortodoncia/>
- Rodríguez Velasco, A. (s.f.). *Accessmedicina*. Obtenido de <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1493§ionid=10286768>
1
- Röhrle, O., & Pullan, A. (2007). Three-dimensional finite element modelling of muscle forces during mastication. *Journal of Biomechanics*, 3363-3372.
- Rojas Garza, M. T. (2009). *Anatomía Dental*. Mexico : El Manual Moderno S.A.
- Roman, M. (01 de Mayo de 2020). <https://manuelroman.com/en/blog/2020/05/01/mordida-abierta-anterior-invisalign/> . Obtenido de <https://manuelroman.com/en/blog/2020/05/01/mordida-abierta-anterior-invisalign/> : <https://manuelroman.com/en/blog/2020/05/01/mordida-abierta-anterior-invisalign/>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Rossi, A., Freire, A., Prado, F., Asprino, L., Correr-Sobrinho, L., & Caria, P. (2014). Photoelastic and Finite Element Analyses of Occlusal Loads in Mandibular Body. *Anatomy Research International*, 1-9.
- Rouviere, H., & Delmas, A. (2005). *Anatomia humana: descriptiva, topografía y funcional*. masson.
- Ruiz, E. (17 de Agosto de 2018). *Clínica Ruiz Estrada*. Obtenido de Clínica Ruiz Estrada: <https://clinaruizestrada.com/eres-adulto-y-conservas-tus-muelas-o-dientes-de-leche/>
- Saldarriaga, J., Vélez, S., & Restrepo Roldan, S. (2011). Simulación numérica por el método de elementos finitos del comportamiento de una mandíbula ante un dispositivo de tracción cervical mandibular. *Revista Brasileira de Engenharia Biomedica*, 135-146.
- Salud, P. d. (16 de septiembre de 2015). *periodicosalud.com*. Obtenido de Medicina: <https://periodicosalud.com/retrusion-que-es-definicion-anatomia/>
- Savoldelli, C., Bouchard, P. O., Manière-Ezvan, A., Bettega, G., & Tillier, Y. (2012). Comparison of stress distribution in the temporomandibular joint during jaw closing before and after symphyseal distraction: a finite element study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(12), 1474-1482.
- Septímio, S., Isaías, P., Correa, W., & Dias, M. (2014). Abutments. *Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Substructure Design*, 19(6), 133-154.
- Slamanaca, U. d. (17 de enero de 2006). *Open course ware*. Obtenido de Anatomía del aparato locomotor : <http://ocw.usal.es/ciencias-biosanitarias/anatomia-del-aparato-locomotor/hueso-maxiliar-superior>
- Sobotta, J. (2006). *Atlas de Anatomía Humana: Cabeza, Cuello, Miembro Superior*. Medica Panamericana.
- Strait, D., Wang, Q., Dechow, P., Ross, C., Richmond, B., Spencer, M., & Patel, B. (2005). Modeling Elastic Properties in Finite- Element Analysis : How Much Precision Is Needed to Produce an Accurate Model ? *The anatomical record*, 275-287.
- Strait, D., Wang, Q., Dechow, P., Ross, C., Richmond, B., Spencer, M., & Patel, B. (2005). Modeling Elastic Properties in Finite- Element Analysis : How Much Precision Is Needed to Produce an Accurate Model ? *The anatomical record*, 275-287.
- Suárez Morán, E., & Martínez Silva, F. (2011). Trastornos funcionales del sistema masticatorio. *Anatomía dental y oclusion*, 102-104.
- Suarez, C., Gil-Carcedo, L. M., Medina, J., Algarra, J., Ortega, P., & Trinidad, J. (2007). *Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*. Buenos Aires : Panamericana .
- Tankisi, G., Bruke, D., Cui, L., De Carvalho, M., Kuwabara, S., Nandedkar, S. D., . . . Frederiksen, A. (2020). Standards of instrumentation of EMG. *Clinical Neurophysiology*, 243-258.
- Tejada Pradell, H. (2011). Enfermedades metabólicas de los maxilares. *Medicina Estomatologica*, 7-24.
- Thompson, C. W., & Floyd, R. T. (1999). *Manual de kinesiología estructural*. (Segunda ed.). Minnesota: Paidotribo.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Tie, Y., Wang, D., Ji, T., Wang, C., & Zhang, C. (2006). Three-dimensional finite-element analysis investigating the biomechanical effects of human mandibular reconstruction with autogenous bone grafts. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* (2006), 290-298.
- Toro Ibache, V., Zapata Muños, V., & O'Higgins, P. (2016). The relationship between skull morphology, masticatory muscle force and cranial skeletal deformation during biting. *Annals of Anatomy*, 203, 59-68.
- Toro-Ibacache, V., Fitton, L., & Fagan, M. (2016). Validity and sensitivity of a human cranial finite element model: Implications for comparative studies of biting performance. *Journal of Anatomy*, 228(1), 70-84.
- Toro-Ibacache, V., Fitton, L., Fagan, M., & O'Higgins, P. (2016). Validity and sensitivity of a human cranial finite element model: Implications for comparative studies of biting performance. *Journal of Anatomy*, 228(1), 70-84.
- Toward, C. H. (1999). Toward a mathematical description of bone biology: The principle of cellular accommodation. *Calcified Tissue Int*, 466-471.
- Tuner, C. Biomechanics of Bone. (2002). Biomechanics of Bone: Determinants of Skeletal Fragility and Bone Quality. *Springer Link*, 97-104.
- Ugalde Morales, F. (2007). Clasificación de la maloclusión en los planos. *Medigraphic*.
- Urla, J., & Interiano, A. (1996). Esmalte de los dientes. *Histologia Fousac, facultad de odontologia Universidad de guatemala*, 17-30.
- Vasquez Artega, V. (2019). *Sistemas Funcionales*. Obtenido de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-autonoma-de-bucaramanga/sistemas-funcionales-generales-de-control/clase-de-craneo/9410633>
- Vázquez Nolasco, M. J. (s.f.). *María José Vázquez Nolasco*. Obtenido de María José Vázquez Nolasco: <https://sites.google.com/site/anatomiadelsn/huesos-del-craneo/huesos-de-la-cara>
- Vega Rodríguez, M. (2004). Introducción a la psicología cognitiva. *Anatomia patologica de la universidad de Habana*, 7-16.
- Velarde Huanca, A. (2012). Fisiología De Articulacion Temporomandibular. *Revista de actualizacion clinica*, 1075-1079.
- Velarde Huanca, A. R. (2012). Fisiología de la Artivulación Temporomandibular. *Actualización Clínica Investiga*, 1075.
- Vieira, C., Andrade, D., Profiro, J., & Justino, P. (214). Caracterização da mastigação segundo tempo, predominância de lateralidade e número de ciclos mastigatórios em adultos jovens. *Distúrb Comun*, 26(2), 304-315.
- Virginia Baráibar, A. (2014). Importancia de la alimentación, su relación con el crecimiento y desarrollo, así como con el establecimiento de las funciones oclusales. *Monografía de especialidad presentada al Instituto Universitario entro de estudio y diagnostico de las disgnacias del uruguay*, 5-23.
- Voegeli, A. (2003). Anatomía Funcional y Biomecánica del Tobillo y El Pie. *Revista Española de Reumatología*, 9, 30.
- Wassall, T., & Barra, L. (2003). finito análisis de estrés elemento tridimensional de implante cuneiforme de geometría. *Revista Internacional de Implantes Orales y Maxilofaciales*, 9-15.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Youssef, R., Throckmorton, G., & Ellis, E. (1997). Comparison of habitual masticatory patterns in men and women using a custom computer program. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 78(2), 179-186.

Zhang, L., Wang, Z., Chen, J., Zhou, W., & Zhang, S. (2010). Probabilistic fatigue analysis of all-ceramic crowns based on the finite element method. *Journal of Biomechanics*, 43(12), 2321-2326.