



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD LEÓN**

**TÍTULO:
DISEÑO DIGITAL E IMPRESIÓN 3D DE UN APARATO
PARA MEDIR LA ANGULACIÓN DE LA GUÍA CONDILAR.**

FORMA DE TITULACIÓN: TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ODONTOLOGÍA**

P R E S E N T A:

MIGUEL SALVADOR RODRÍGUEZ GONZÁLEZ.

TUTOR: MTRO. ROGELIO DANOVAN VENEGAS LANCÓN.

LEÓN, GUANAJUATO 2023.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, una persona sumamente noble y sabia. Sin su apoyo y su paciencia jamás habría logrado el objetivo de poder terminar el trabajo de titulación.

A mi madre, por siempre tener las palabras adecuadas, por tener los abrazos que tanto necesite y el amor que siempre me sostiene.

A mi padre, que siempre esta conmigo, que no me ha dejado en ningún momento de mi vida, por apoyarme con mis pacientes, darme todo el cariño del mundo y la seguridad en mi vida.

A mi hermana por ser un gran ejemplo para mí, por estar siempre conmigo y enseñarme que con determinación y mucha disciplina puedes cumplir tus objetivos.

A Aline y a Delia, por ser la mejor familia del universo, por estar conmigo en todo momento, por sus abrazos, cariños, por el amor que me dan constante y que me inspiran a seguir adelante, por ser mis mujeres porque todo esto lo hago por ustedes.

A toda mi familia que me apoya para poder cumplir con mis metas, que siempre me ha ayudado en mi caminar, que no me dejan solo y hacen lo posible para que yo pueda salir adelante.

A cada una de las personas que durante todo este tiempo tanto amigos, profesores, compañeros y cada una de las personas de la institución que son leales a mi persona y que han hecho todo lo necesario para que el día de hoy pueda cumplir no solo con este trabajo sino con cada uno de los objetivos que me he planteado.

Por último, gracias a la vida, por permitirme seguir aquí disfrutando de ella, del amor de las personas.

DEDICATORIAS

Mi tesis la dedico a las personas mas importantes en mi vida, a mi familia. Esas personas que han inspirado mi caminar, que me protegen, que me guían y que siempre han estado en todo momento. Abrazándome y felicitándome en los mejores y momentos. Consolándome y apoyándome en los mas tristes y duros. Siempre apoyándome en todas mis decisiones entendibles para ellos o no, pero siempre están ahí. Les agradezco y ofrezco este trabajo, que sin ustedes nada de esto sería posible. Los amo y los honro por la eternidad.

RESUMEN

Objetivo:

Realizar el diseño digital en el programa Solidwork® de un aparato que mida la angulación de la guía condilar, para así obtenerlo a través de la impresión 3D.

Materiales y Métodos: A través del software de diseño digital se realizaron los planos en dos dimensiones de cada uno de los componentes del aparato. Para esto se decidió diseñar dos prototipos; uno cuyos componentes (sujetadores, tornillos y tuercas) tuvieran rosca para poder ser obtenidos en metal a través de torno y el segundo en donde sus componentes no tuvieran rosca con la intención de obtenerlos a través de impresión 3D en resina de alto impacto o nylon. Una vez obtenidos los planos 2D de cada uno de los componentes, estos fueron convertidos a modelos 3D para finalmente obtener archivos *STL* de cada uno.

Resultados: Se elaboraron cada una de las piezas en formato en 3D de un axiógrafo, desde los tornillos, varillas, tuercas y tornillos. Esto permitió que se realizaron las cotizaciones para la fabricación de las piezas y se compararon los costos de fabricación de las partes para la elaboración del axiógrafo, tanto las elaboradas en torno como las elaboradas en los diferentes filamentos para impresoras 3D. Gracias a dichos planos fue posible la elaboración de cada una de las piezas del axiógrafo y el armado de su estructura a costos relativamente accesibles.

Conclusión: Utilizando la tecnología actual, es posible la fabricación de diferentes herramientas que nos permitan facilitar el trabajo en clínica de alumnos de odontología y odontólogos, en este caso un axiografo que nos permitirá medir la guía condilar sin necesidad de invertir grandes cantidades de dinero, que es lo que cuestan los axiógrafos de casas comerciales. Aunque aún es necesario comprobar la veracidad de los resultados con otras herramientas ya consolidadas para la toma de la guía condilar como lo es la tomografía computarizada.

Palabras clave:

Axiógrafo, Guía Condilar, Solidwork, Diseño Digital Impresora 3D

ABSTRACT

Purpose:

To digitally design a device that measures the condylar guide angulation using the program Solidworks®, and then, obtain it through 3D printing.

Materials and Methods: Two-dimensional blueprints of each component of the device were made using the digital design software. We decided to design two prototypes; one which components (fasteners, screws, and nuts) had a thread so they could be produced in metal with a lathe, and a second one which components did not had a thread with the intention of obtaining them through 3D printing in high-impact resin or nylon.

Once the 2D blueprints of each component were obtained, these were converted to 3D models to finally obtain *STL* files of each one.

Results: Each piece was made in an axiograph 3D format; the screws, rods, nuts, and bolts. This allowed us to get quotations for the parts manufacture and compare manufacturing costs of the parts for the axiograph elaboration, both those made with a lathe and those made in different filaments for 3D printers. Thanks to these blueprints, it was possible to elaborate each part of the axiograph and assemble its structure at relatively affordable costs.

Conclusion: Using current technology, it is possible to manufacture different tools that allow us to facilitate the work in the clinic of dentistry students and dentists, in this case an axiograph that will allow us to measure the condylar guide without needing to invest large amounts of money, such as the cost of an axiograph from commercial houses. It is still necessary to check the veracity of the results with other tools already consolidated for measuring the condylar guide, such as computed tomography.

Keywords:

Axiograph, Condylar Guide, Solidworks, Digital Design, 3D Printer.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIAS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	6
MARCO TEÓRICO.	1
1.7 Planos de orientación y oclusales	21
1.7.1 Plano Sagital.	21
1.7.2 Plano Frontal.	21
1.7.3 Plano Horizontal.	21
1.7.4 Plano de Oclusión.	22
1.7.5 Curva de Spee.	22
1.7.6 Curva de Wilson.	23
1.11.2 Proceso de Diseño.	39
1.11.3. Intención del Diseño.	39
1.11.4 Método de Diseño.	40
1.11.5 Croquis.	40
1.11.6 Piezas.	41
1.11.7 Ensamblajes.	42
1.11.8 Dibujo.	42
2. ANTECEDENTES	41
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	48
3.2 JUSTIFICACIÓN.	50
3.3 OBJETIVO GENERAL.	51
3.3.1Objetivos Específicos.	51
4. MÉTODOS	53
5. RESULTADOS	71
6. DISCUSIÓN	73
7. CONCLUSIÓN	75
8. REFERENCIAS	76

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO.

1.1 Articulación Temporomandibular.

La articulación temporomandibular, es una articulación de tipo compuesta conformada por el hueso temporal del cráneo, la mandíbula y un disco articular. Es una articulación elipsoidea, también conocida como condílea doble o bicondílea; debido a la presencia de dos cóndilos: el cóndilo del temporal y el cóndilo de la mandíbula. Visto desde el punto de vista funcional es gínglimoartrodial ya que permite la realización de dos tipos de movimientos: rotación y traslación.

La ATM se localiza en la porción escamosa del hueso temporal. Tiene una superficie articular avascular, compuesta de tejido conectivo fibroso en lugar de cartílago hialino. Sus áreas de soporte de carga son la cara lateral de la porción escamosa, el cóndilo y el disco articular. El tejido conectivo fibroso denso en las áreas de soporte de carga es más denso.

(Netter, M. D., & Frank, H 2015). (Quijano, Y. 2011)(Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).



Figura 1. Muestra de una articulación temporomandibular en oclusión

Quinn, P. D., & Granquist, E. J. (2015b). *Atlas of Temporomandibular Joint Surgery* (2nd Revised ed.). Wiley-Blackwell.

1.1.1 Porción Escamosa del Hueso Temporal.

Las relaciones de la porción escamosa del hueso temporal, comprenden hacia anterior la eminencia articular que se convierte en el tubérculo articular. En la parte intermedia con la fosa mandibular (glenoidea) y en la parte posterior se encuentra la lámina timpánica que se adelgaza hacia el tubérculo posglenoideo. (Netter, M. D., & Frank, H 2015).

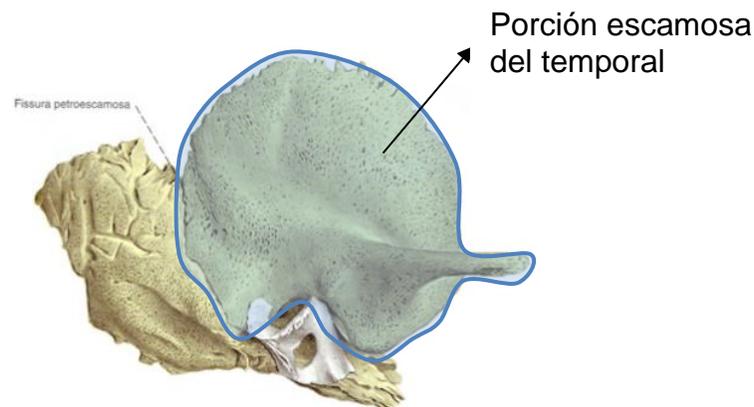


Figura 2. Porción escamosa del temporal.
Johannes. Atlas de anatomía humana. 21st. Río de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

1.1.2 Fosa Mandibular.

También llamada cavidad glenoidea, es una depresión profunda situada atrás del tubérculo articular. Se encuentra dividida en dos porciones: Porción articular o anterior y porción no articular o posterior. Que a su vez se encuentran divididas por la fisura timpanoescamosa. Superior a esta delgada lámina de hueso está la fosa craneal media. La función de la fosa mandibular es recibir la apófisis condilar de la

mandíbula o también llamada cóndilo de la mandíbula. (Netter, M. D., & Frank, H. 2015).

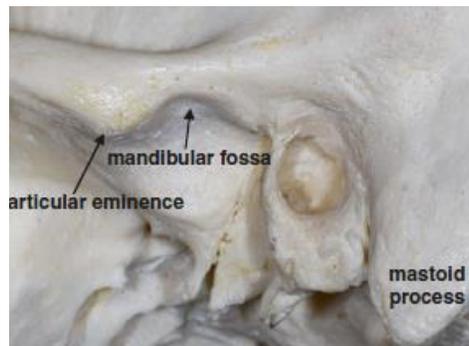


Figura 3. Vista lateral de la articulación mostrando la fosa mandibular.
Gremillion, H. A., & Klasser, G. D. (2017b). *Temporomandibular Disorders: A Translational Approach from Basic Science to Clinical Applicability* (2018 ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57247-5>

1.1.3 Tubérculo Articular.

También llamado cóndilo del temporal, es una eminencia convexa que se encuentra entre la fosa mandibular y el plano subtemporal, es una articulación sinovial revestida por fibrocartílago capaz de soportar las altas presiones fisiológicas de la articulación y tienen la forma para evitar luxaciones y subluxaciones de la articulación temporomandibular. Proporciona inserción para la cápsula y el ligamento temporomandibular lateral. (Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. 2018).



Figura 4. Tuberculo articular o cóndilo del temporal

Quinn, P. D., & Granquist, E. J. (2015b). *Atlas of Temporomandibular Joint Surgery* (2nd Revised ed.). Wiley-Blackwell.

1.1.4 Lámina Timpánica.

La lámina vertical localizada anterior al conducto auditivo externo, constituye la pared inferior del meato externo o conducto auditivo. La vaina del proceso estiloideo lo prolonga por delante de la base del proceso estiloideo. (Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. 2018).

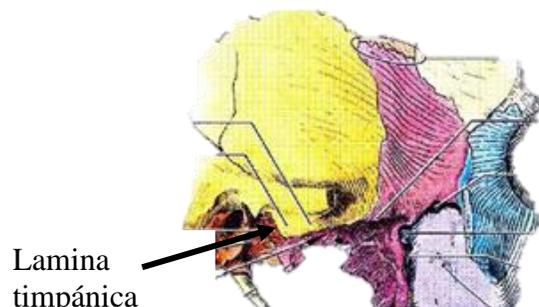


Figura 5 Lamina timpánica

Quinn, P. D., & Granquist, E. J. (2015b). *Atlas of Temporomandibular Joint Surgery* (2nd Revised

1.1.5 Apófisis Posglenoideo.

Una extensión inferior de la porción escamosa del hueso temporal, forma la cara posterior de la fosa mandibular. Esta proporciona inserción para la cápsula y almohadilla retrodiscal (Netter, M. D., & Frank, H. 2015). (Quijano, Y. 2011).

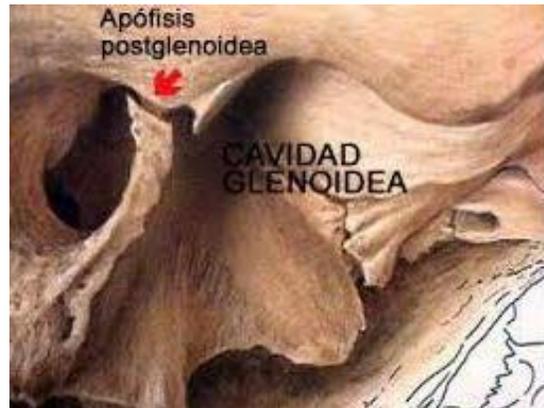


Figura 6 Apófisis posglenoideo
(Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. 2018).

1.1.6 Apófisis Condilar de la Mandíbula o Cóndilo de la Mandíbula.

Situada en el borde superior de la rama de la mandíbula, compuesta por un cóndilo y el cuello del cóndilo. La cabeza tiene una forma convexa en todos los sentidos, mayormente en sentido anteroposterior, su forma es semejante a un balón de rugby. El cuello del cóndilo es la porción más delgada que la une al resto de la rama de la mandíbula.

La superficie articular es tejido conectivo fibroso avascular en lugar de cartílago hialino. Sus principales áreas de soporte de carga se encuentran en la cara lateral (Gremillion, H. A., & Klasser, G. D. 2017) (Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. 2018).



Figura 7. Cóndilo de la mandíbula dentro de la cavidad glenoidea
(Quijano, Y. 2011)

1.1.7 Disco Articular.

Compuesto por tejido conectivo denso fibroso. Localizado entre la porción escamosa del hueso temporal y el cóndilo. Es avascular y aneural en su parte central, pero es vascular e innervado en las áreas periféricas donde hay muy poco soporte de carga. Las principales áreas de soporte de carga se localizan en la cara lateral; esta es un área de perforación potencial. En torno a su periferia se inserta la cápsula.

- (Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).

El disco articular se une a los polos del proceso condilar a través de los ligamentos colaterales, también llamados discales. El ligamento discal lateral une el extremo lateral del disco articular al polo lateral del proceso condilar. El ligamento discal medial une el extremo medial del disco articular al polo medial del proceso condilar

- (Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).

1.1.8 Zona Bilaminar (complejo de fijación posterior).

Es una estructura bilaminar localizada posterior al disco articular. Es una estructura muy deformable, especialmente en la abertura de la boca. Se encuentra compuesta por 3 estructuras.

Lámina superior: contiene fibras elásticas y ancla la cara superior de la porción posterior del disco a la cápsula y hueso del tubérculo posglenoideo y lámina timpánica.

Almohadilla retrodiscal: Porción muy vascular y nerviosa de la ATM, formada por colágeno, fibras elásticas, tejido adiposo, nervios y vasos sanguíneos (un gran plexo venoso se llena de sangre cuando el cóndilo se desplaza anteriormente)

Lámina inferior: contiene principalmente fibras (Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).

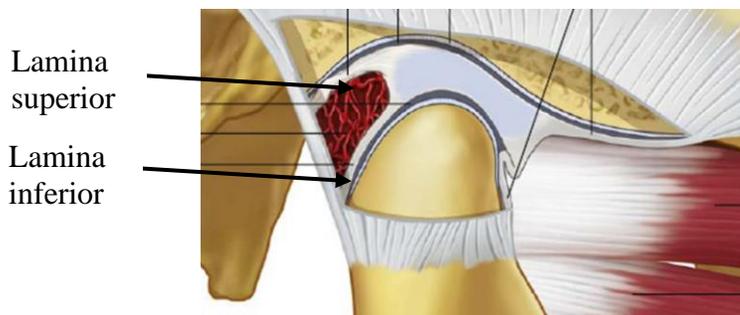


Figura 9. Lamina retrodiscal dividida en sus dos láminas, superior e inferior. (Dmd,J,O 2012)

1.2 Compartimientos de la ATM.

El disco articular divide la ATM en dos compartimentos: superior e inferior. La cara interna de ambos compartimentos contiene células endoteliales especializadas que forman un revestimiento sinovial que produce líquido sinovial, que convierte a la ATM en una articulación sinovial.

1.2.1 Compartimiento Superior.

Se ubica entre la porción escamosa del hueso temporal y el disco articular. Tiene un volumen de aproximadamente 1.2 ml. Ayuda al movimiento de traslación de la ATM

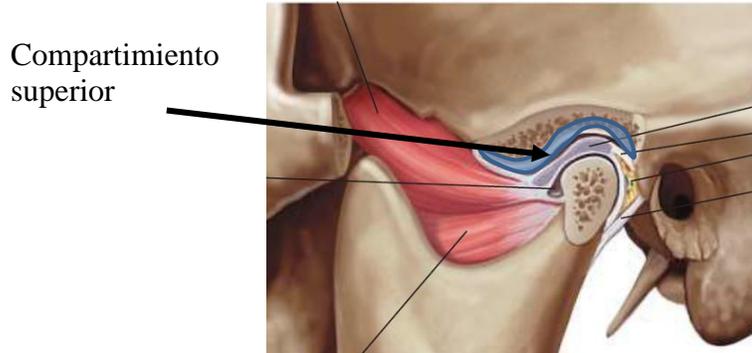


Figura 10. Compartimiento supradiscal, donde se realizan movimientos de traslación. El cóndilo es acompañado por el disco. (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.2.2 Compartimiento Inferior.

Entre el disco articular y el cóndilo. Tiene un volumen de 0.9 ml, facilita el movimiento de rotación de la ATM (Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).

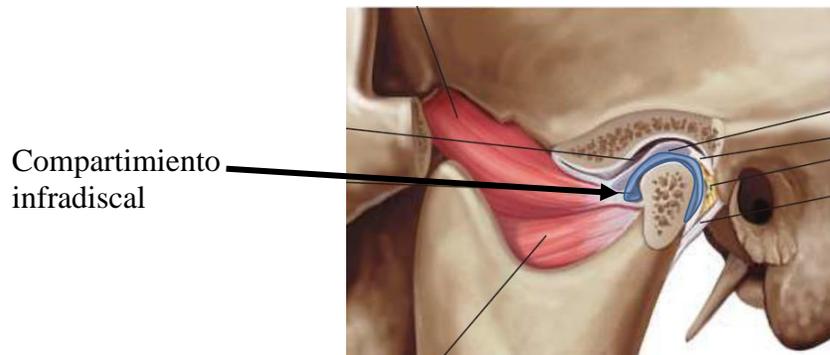


Figura 11. Compartimiento infradiscal, donde se ejecutan movimientos de rotación.
(Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.2.3 Líquido Sinovial.

El líquido sinovial actúa como un lubricante, un instrumento para proporcionar los requerimientos metabólicos a las superficies articulares de la ATM.

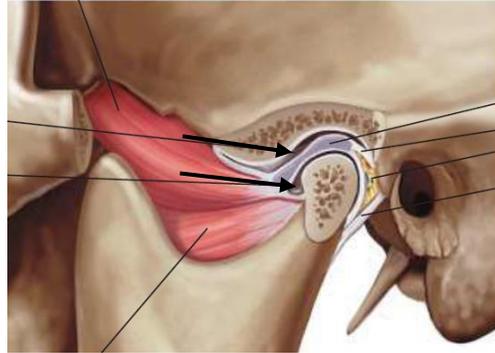


Figura 11 Compartimientos supradiscal, e infradiscal. Donde se almacena el líquido sinovial (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.2.4 Cápsula Articular.

Reviste en manera de funda a la articulación temporomandibular. Se inserta hacia arriba en el hueso temporal, adelante con el tubérculo articular, hacia adentro con la espina del esfenoides, hacia atrás pasa por la fisura timpanoescamosa hacia afuera va a seguir a la raíz longitudinal de la apófisis cigomática del temporal hacia abajo se inserta a la altura del cuello del cóndilo.

Está revestida por una membrana sinovial muy vascularizada. Tiene varios receptores sensitivos que incluyen nociceptores.

La cápsula articular tiene distintas inserciones alrededor de la misma:

- En la parte superior a lo largo del borde de las superficies articulares temporales
- En la parte inferior del disco a lo largo del cuello de la mandíbula.
- En la parte medial se fusiona con el ligamento colateral medial
- En la parte lateral se fusiona con el ligamento colateral lateral.
- En la parte anterior se fusiona con la cabeza superior del músculo pterigoideo lateral.

- En la parte posterior a lo largo de la almohadilla retrodiscal (Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012)(Fuentes, R.; Ottone, N. E.; Buchi, C. & Cantin, M.2016)

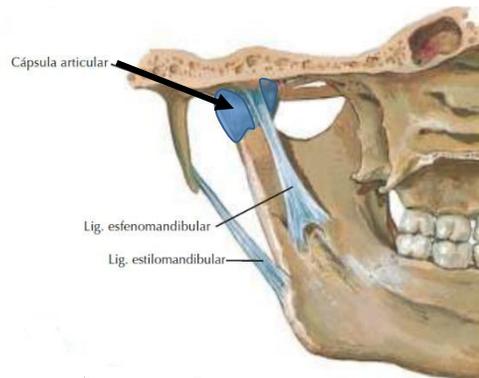


Figura 12 Capsula articular que cubre la articulación temporomandibular (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.3 Ligamentos.

1.2.1 Ligamentos Colaterales.

Frecuentemente se les llaman ligamentos discales, se componen de tejido conectivo colágeno; de este modo no se distienden. Se compone de 2 ligamentos. Ligamento colateral medial, que se conecta a la cara medial del disco articular al polo medial del cóndilo.

Ligamento colateral lateral: conecta la cara lateral del disco articular al polo lateral del cóndilo.

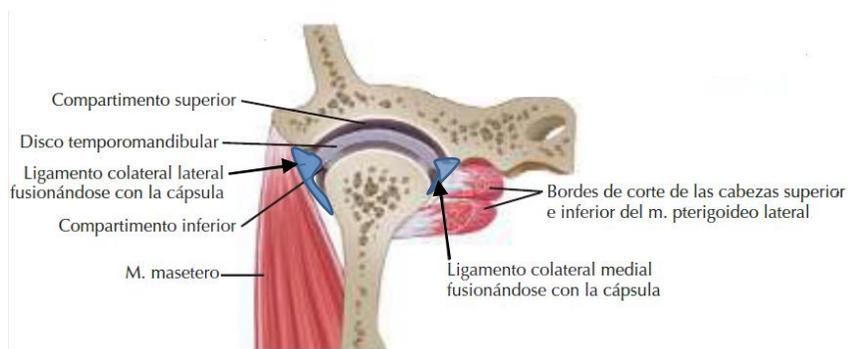


Figura 13 Los ligamentos colaterales se encuentran en las extremidades de la capsula articular (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.3.1 Ligamentos Temporomandibular (lateral).

Es un ligamento engrosado en la cara lateral de la cápsula. Previene el desplazamiento lateral y posterior del cóndilo. Se encuentra conformado por 2 bandas separadas:

Porción oblicua externa: es la porción más grande; se une con el tubérculo articular, discurre posteriormente para unirse inmediatamente inferior al cóndilo; limita la apertura de la boca.

Porción horizontal interna: banda más pequeña unida al tubérculo articular que va horizontalmente para unirse a la parte lateral del cóndilo y disco; limita el movimiento posterior del disco articular y el cóndilo.

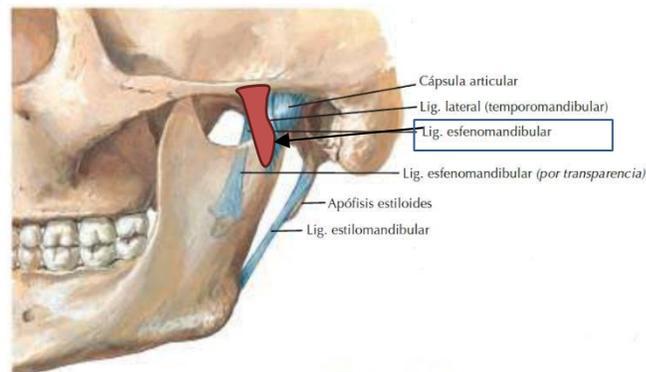


Figura 14 Ligamento lateral o mandibular (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.3.2 Ligamento Estilomandibular.

Se compone de una fascia cervical profunda muy gruesa, se extiende desde la apófisis estiloides hasta el borde posterior del ángulo y rama de la mandíbula. Su función es contribuir a limitar la protrusión anterior de la mandíbula.

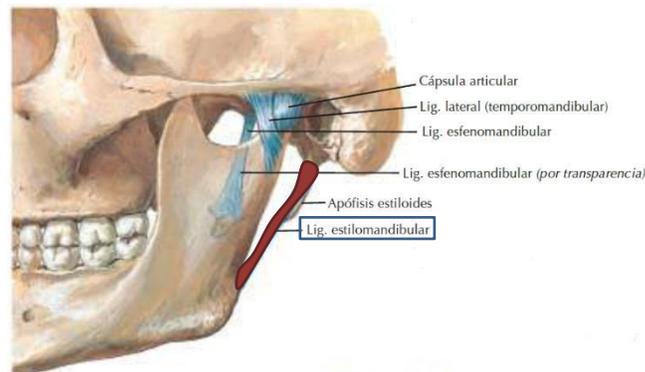


Figura 15 Ligamento estilomandibular que ayuda a limitar los movimientos de apertura y protrusión (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.3.3 Ligamento Esfenomandibular.

Es un resto del cartílago de Meckel, se extiende desde la espina del esfenoides a la língula mandibular. Su función es ayudar a actuar como un pivote en la mandíbula manteniendo la misma cantidad de tensión durante la apertura y cierre de la boca.

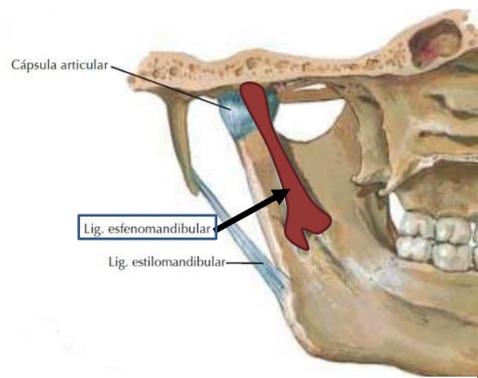


Figura 16 Ligamento esfenomandibular (Netter, M. D., & Frank, H. 2015)

1.4 Músculos.

1.4.1 Masetero.

La cabeza superficial tiene origen en el borde inferior de los dos tercios anteriores del arco cigomático.

Se inserta en el ángulo de la mandíbula; y en la parte inferior y lateral de la rama mandibular. La cabeza profunda (parte más pequeña) tiene origen en el borde medial del arco cigomático. Se inserta en la parte superolateral de la rama mandibular y en la apófisis coronoides. Está inervado por el ramo masetérico del nervio mandibular del nervio trigémino. Su función principal es elevar la mandíbula. (Gremillion, H. A., & Klasser, G. D. 2017)(Norton, N. S., & Netter, F. H. 2012).

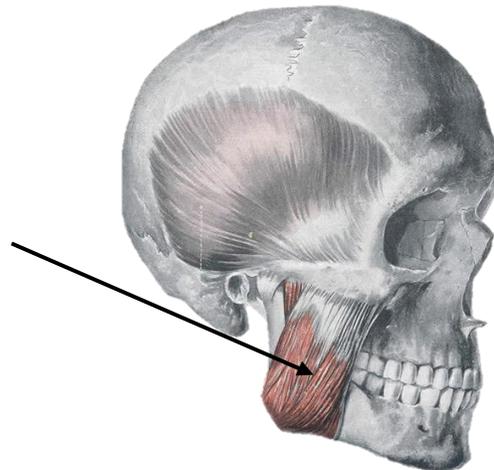


Figura 16 Musculo masetero (Músculo Masetero, Músculo, Anatomía imagen png - imagen transparente descarga gratuita, 2018a)

1.4.2 Temporal.

El músculo temporal tiene su origen en toda la fosa temporal: a lo largo de la línea temporal inferior incluyendo la fascia temporal. Su inserción se encuentra a lo largo de la apófisis coronoides: a lo largo del vértice, bordes anterior y posterior, cara medial extendiéndose inferiormente sobre el borde anteriormente sobre el borde anterior sobre el borde anterior de la rama de la mandíbula (cresta temporal) hasta el tercer molar. Este músculo se encuentra inervado por los ramos temporales profundos anterior y posterior del nervio mandibular del nervio trigémino. La función

primordial del músculo temporal es elevar la mandíbula. Retrae la mandíbula (fibras posteriores) (Gremillion & Klasser 2017). (Norton & Netter, 2012).

1.4.3 Pterigoideo Medial o Interno.



Figura 17 Musculo masetero (Músculo Masetero, Músculo, Anatomía imagen png - imagen transparente descarga gratuita, 2018)

Es el músculo de la masticación más profundo, el músculo pterigoideo se puede dividir en cabeza profunda y cabeza superficial. La cabeza profunda tiene su inserción en la cara medial de la lámina lateral de la pterigoides y la cabeza superficial se encuentra insertada en la tuberosidad del maxilar. El músculo pterigoideo medial se inerva en el ramo pterigoideo medial del nervio mandibular del nervio trigémino. La función del músculo pterigoideo es elevar la mandíbula, protruye la mandíbula y genera los movimientos de lateralidad de la mandíbula. (Norton & Netter, 2012). (Fuentes, Ottone, Buchi & Cantín 2016)



Figura 18. Musculo pterigoideo interno desde una vista lateral (Conozca todo sobre el músculo pterigoideo y sus funciones, 2018)

1.4.4 Pterigoideo Lateral o Externo.

Se divide en cabeza superior o cabeza inferior. La cabeza superior tiene su inserción en el ala mayor del esfenoides en la cresta infratemporal y tiene origen en el disco y cápsula articular de la articulación temporomandibular.

La cabeza inferior se inserta en la cara lateral de la lámina lateral de la apófisis pterigoides y tiene su origen en la fosita pterigoidea en el cuello de la apófisis condilar de la mandíbula.

Se inerva en los ramos pterigoideos laterales (para cada cabeza) del nervio mandibular del nervio trigémino que sale por el agujero oval, situándose medial al pterigoideo lateral. La función del músculo pterigoideo lateral es descender y protruir la mandíbula y genera movimientos de lateralidad de la mandíbula. (Norton & Netter, 2012). (Fuentes, Ottone, Buchi & Cantín 2016).

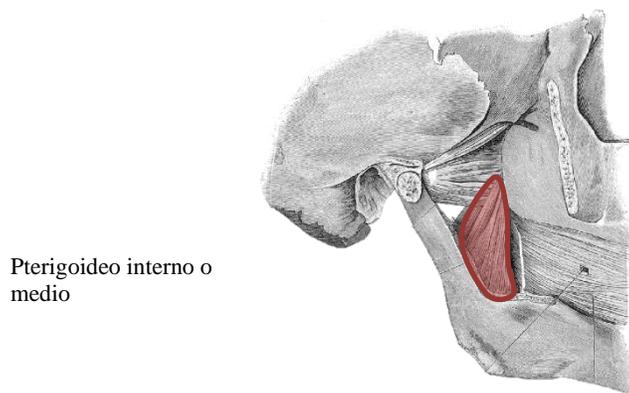


Figura 19. Pterigoideo lateral o externo en vista lateral (*¿Es posible palpar el pterigoideo externo? Puede servir como prueba, 2020*)

1.3 Posiciones Céntricas.

1.3.1 Máxima Intercuspidación.

Representa la posición donde hay el máximo de contactos de puntos interoclusales entre superficies oclusales opuestas, el estado con el que se inicia el ciclo de masticación.

Está estrechamente relacionada con la curva de Spee, porque la dimensión vertical depende del plano de oclusión, porque sus limitaciones son impuestas por la curva de Spee.

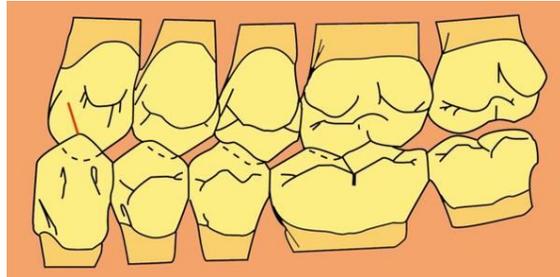


Figura 20. Máxima Intercuspidad de los dientes independiente de la posición mandibular (Acuña Priano, 2007)

1.3.2 Relación Céntrica.

A diferencia de la máxima Intercuspidad, que es una posición muscular, se piensa que la relación céntrica es una posición ligamentosa. La relación céntrica se conoce como la posición fisiológica del cóndilo, la cual se encuentra lo más superior, media y anterior dentro de la cavidad glenoidea.

La relación céntrica es personal, es totalmente diferente en cada paciente, ya que varía en cada individuo acorde a su anatomía y morfología de su cavidad glenoidea.

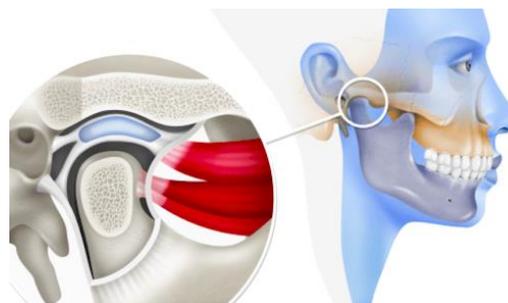


Figura 21. Relación fisiológica entre la mandíbula y el hueso temporal (Valdez, 2019)

1.3.3 Posición de Reposo.

Postura de la mandíbula donde se mantienen en equilibrio los músculos elevadores y depresores de la masticación. Esto permite que la mandíbula se encuentre suspendida a una distancia interoclusal determinada conocida como espacio de descanso interoclusal.

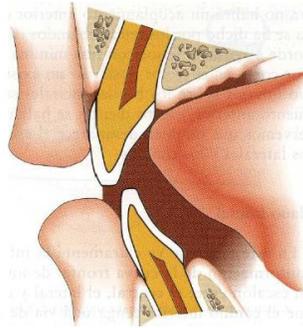


Figura 22. Posición de reposo, se observa como la lengua y los labios otorgan estabilidad a los dientes (Pessina, E. et. al 1994).

1.4 Anatomía Oclusal Funcional.

El ángulo de la cúspide es formado por la pendiente de la misma que se une con el plano que pasa por su punta y que está perpendicular a una línea que biseca la cúspide. Las cúspides guía son las cúspides vestibulares superiores y linguales inferiores. Las vertientes que conducen a estas cúspides se llaman vertientes guía. Así existen las vertientes vestibuloclusales de los dientes posteriores superiores y las vertientes linguooclusales de los dientes posteriores inferiores.

Las cúspides palatinas en molares superiores y vestibulares en molares inferiores son llamadas cúspides de apoyo o de soportes, su función es mantener la dimensión vertical del paciente

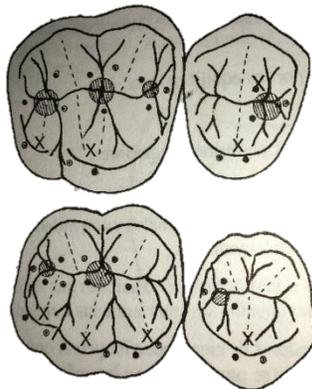


Figura 23. Puntos de contacto, fosas funcionales, toques de cierre son parte de la anatomía funcional. (Oclusión - Dr. Francisco Pino Matus, 2020)

1.4.1 La Guía Condilar.

El movimiento protrusivo se muestra cuando los cóndilos de la mandíbula avanzan a la vez ayudados por los músculos pterigoideos externos. Este movimiento va acompañado de un descenso o apertura.

La curva que es diseñada por el cóndilo durante el trayecto será determinado por la forma de la cavidad glenoidea, con lo cual se puede determinar de manera más precisa el ángulo de la eminencia. Observando a nivel del cóndilo, el movimiento de

protrusión mandibular sobre el plano parasagital, podemos apreciar el trayecto por una simple línea curva. El ángulo obtenido desde el plano del eje orbitario y de la línea de partida y el de llegada se denomina ángulo de la eminencia o guía condílea y determina el grado de inclinación de la eminencia articular del temporal. Este valor es diferente cóndilo a cóndilo, de persona a persona e incluso varía con el paso del tiempo en el mismo sujeto, ya sea por el proceso de desgaste normal fisiológico o por algunas variaciones de la situación dental, como pueden ser pacientes edéntulos o parcialmente edéntulos. (Pessina, E. et. al 1994).

Cuando la mandíbula genera un movimiento de protrusivo, los cóndilos descienden en dirección al sector anterior a lo largo de las vertientes posteriores de cavidad glenoidea. La magnitud del ángulo de descenso del cóndilo con relación a un plano horizontal, que generalmente es el plano de Frankfurt, lo da la eminencia articular y esto determinará la inclinación de la guía condilar (Pacheco & Morales González, 2015).

Al momento del descenso condilar se acompaña con un movimiento vertical mandibular hacia abajo de los dientes mandibulares, por lo que implica que entre mayor es la angulación de la guía condilar más altas podrán ser las cúspides y una mayor profundidad de las fosas y de forma contraria, si es menor la guía condilar más bajas serán las cúspides y menos profundidad de las fosas.

Para determinar estas mediciones es necesario de mediciones axiográficas o pantográficas. Para valores promedios de la guía condilar se utilizan 45° grados en prótesis fija y 35° grados en prótesis total (Pacheco & Morales González, 2015) (Pessina, E. et. al 1994).

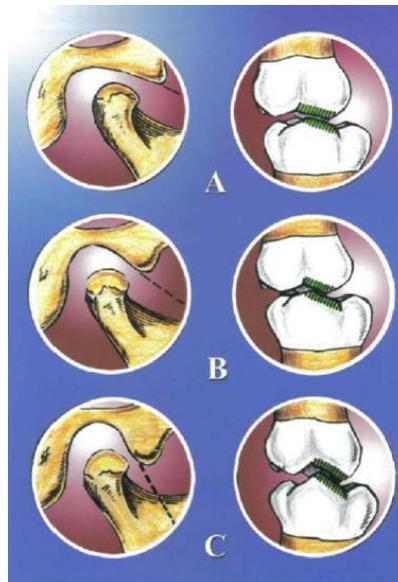


Figura 24. Relación que existe entre la guía condilar y la altura cuspídea (Pessina, E. et. al 1994).

1.5 Planos de orientación y oclusales

1.5.1 Plano Sagital.

Divide el cráneo en dos porciones simétricas orientadas anteroposteriormente.

Se puede analizar: cavidad glenoidea, eminencia articular, cóndilo, movimiento puro de apertura y cierre; y movimiento de protrusión.

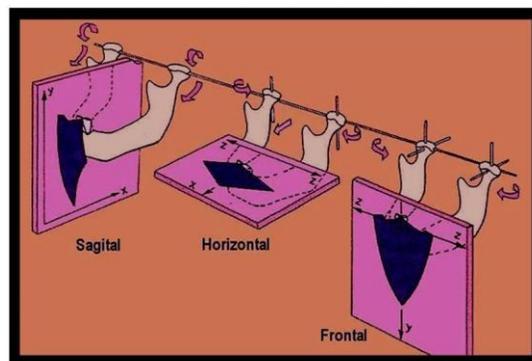
1.5.2 Plano Frontal.

Posicionado hacia la cara y orientado prácticamente paralelo a la superficie vestibular de los incisivos. Siempre perpendicular a los planos horizontales y sagitales. Puede ser movido anteroposteriormente para generar cortes de diferentes áreas de la cabeza.

Se puede analizar: concavidad glenoidea, inclinación y curvatura de la pared interna de la cavidad glenoidea; inclinación y curvatura del lado externo de la cavidad glenoidea; convexidad del cóndilo y relación cúspide-fosa.

1.5.3 Plano Horizontal.

Paralela al piso. Este plano puede ser movido superiormente o inferiormente, se ve desde arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba. Desde este plano, se puede analizar: Pared posterior de la cavidad glenoidea, inclinación y curvatura de la pared interna de la cavidad glenoidea; movimiento de retrusión y movimiento de protrusión.



1.5.4 Plano de Oclusión.

Plano imaginario que va desde los bordes incisales de los dientes anteroinferiores hasta las puntas de las cúspides distovestibulares de los segundos molares inferiores. (Alonso et al., 2010)

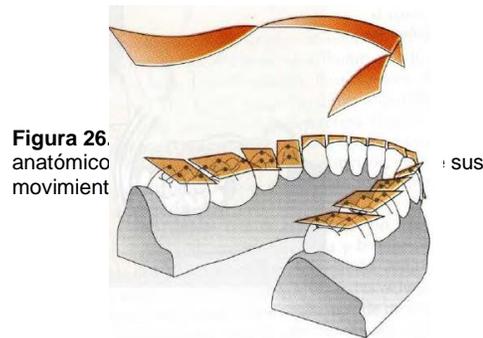


Figura 25. Plano oclusal mostrado esquemáticamente (Alonso et al., 2010)

1.5.5 Curva de Spee.

Línea imaginaria que recorre las superficies oclusales de los molares inferiores. La curva inicia en la punta de la cúspide del canino inferior y recorre todas las cúspides vestibulares de premolares y molares. (“The Glossary of Prosthodontic Terms” Seventh Edition (GPT-7)», 1999, p. 66)

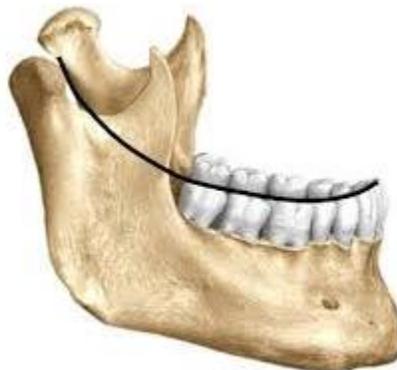
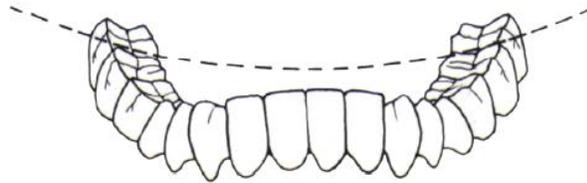


Figura 27. Curva de Spee desde una vista frontal (Sierra & de la Sierra, 1996)

1.5.6 Curva de Wilson.

Línea que transcurre en el plano frontal entre las puntas de las cúspides vestibulares y linguales de los molares de ambos lados de la arcada inferior, formando una curva de concavidad superior. . (“The Glossary of Prosthodontic Terms” Seventh Edition (GPT-7)», 1999, p. 66)



Curva de Wilson

Figura 28. Curva de Wilson ((Sierra & de la Sierra, 1996)

1.5.7 Teoría esférica de Monson.

Se revela al extender las curvas de Spee y de Wilson a todas las cúspides y bordes incisales. Cada cúspide y cada borde incisal toca o conforma un segmento de la superficie de una esfera de 8 pulgadas de diámetro cuyo centro se ubica en la región de la glabella.

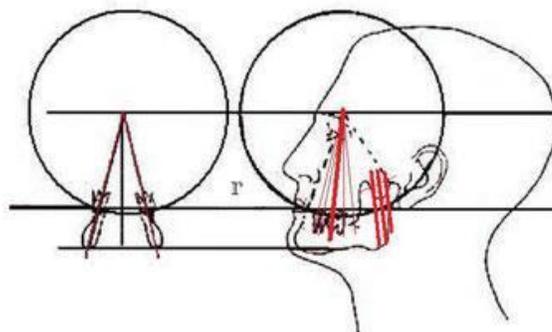


Figura 29. Esquemización de la esfera de Monson en dos dimensiones. Vista desde dos planos, frontal y lateral (Monson, 1920)

1.6 Cinemática Mandibular.

La cinemática describe los movimientos de partes del cuerpo con base en anatomía, fisiología y mecánica. En el caso de la cinemática mandibular, es compleja, debido a la cantidad y la combinación de movimientos que tiene la mandíbula en relación al maxilar.



Figura 30 Movimiento de apertura y cierre que va de la mano con un movimiento de rotación del cóndilo de la mandíbula (Netter, 2015)

1.6.1 Movimiento de Rotación.

En un movimiento de rotación los infinitos puntos del cuerpo giran en relación con un eje, el cual podría localizarse en: el centro del eje, fuera del centro del cuerpo y fuera del cuerpo.

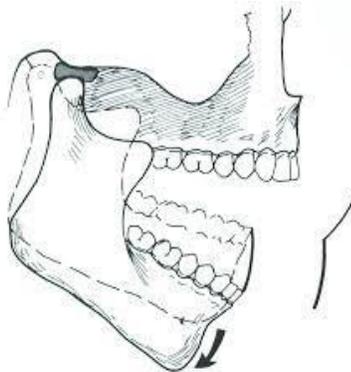


Figura 31. El movimiento de rotación en movimiento de apertura, acompañado del disco articular (Primaria, 2021)

1.6.2 Eje Terminal de Bisagra.

La línea imaginaria que une los centros de rotación de los cóndilos. También podría ser la posición más posterior y superior de los cóndilos en las ATM a partir de la cual el cuerpo mandibular puede describir un movimiento de rotación.

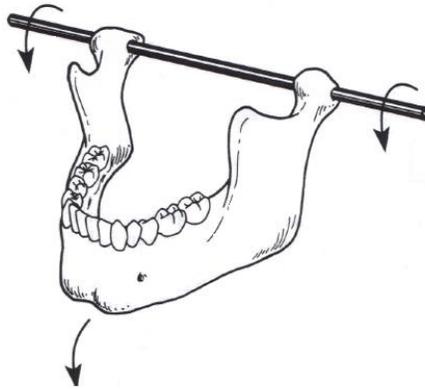


Figura 32. Movimiento de rotación de la mandíbula establecido con el eje terminal de bisagra (Primaria, 2021)

1.6.3 Movimiento de Traslación.

No hay como tal un movimiento de traslación puro, es un movimiento de rototraslación y se puede realizar con o sin contacto dentario. Durante el movimiento de traslación todos los puntos del cuerpo se mueven a la misma velocidad y a la misma dirección.

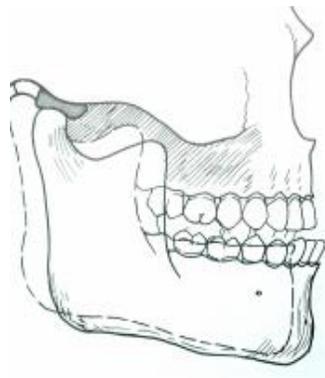


Figura 33. Movimiento de traslación de la mandíbula, este se realiza cuando se hace un movimiento de protrusión (Primaria, 2021)

1.6.4 Movimiento Protrusivo.

El cóndilo de la mandíbula forman trayectorias que se conocen como trayectorias condíleas. Sin embargo, se toma como referencia el eje terminal de bisagra. Cuando sea necesario medir la inclinación condílea real deberá hacerse en eje terminal de bisagra. Para evitar el ángulo de Fisher, que se encuentra formado por la trayectoria de un movimiento protrusivo y uno lateral.

El movimiento del cóndilo o trayectoria condilar puede ser vertical como horizontal y estos guardan relación con la altura de las cúspides y la dirección de los surcos respectivamente.

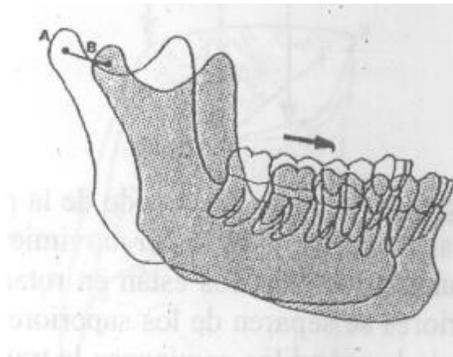


Figura 34. Movimiento protrusivo marcado el movimiento con una flecha y a trayectoria marcada de A-B. (UNIDAD 4: Movimientos Mandibulares, 2016)

1.6.5 Movimiento Lateral.

La pared medial está formada por ligamentos, esta pared permite el desplazamiento de la mandíbula hacia la línea media.

Si se observa la mandíbula desde un plano sagital se podrá medir el desplazamiento del cóndilo de la mandíbula, mejor conocido como ángulo de Bennett o movimiento progresivo.

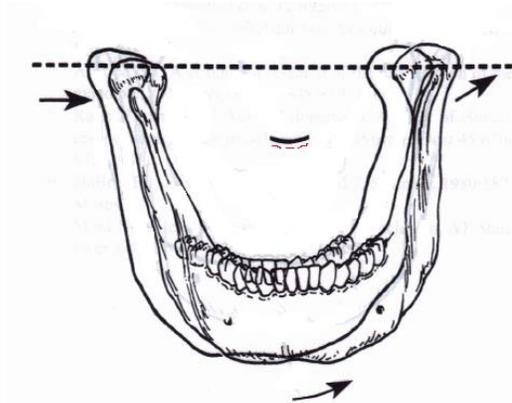


Figura 35. Movimiento bordeante lateral (Primaria, 2021)

1.6.6 Movimiento de Bennett.

El movimiento de Bennett es un desplazamiento lateral de los cóndilos laterotrusivos durante un movimiento lateral de la mandíbula.

El movimiento del cóndilo de balance dará como resultado un movimiento hacia afuera del lado opuesto

Este desplazamiento puede ser observado desde 2 vistas:

- Desde el lado de trabajo donde el cóndilo de trabajo puede rotar lateralmente hasta 3 mm o trasladarse hacia fuera de la cavidad glenoidea.
- Y desde el lado de balance puede ser de dos tipos: progresivo e inmediato.

Bennett progresivo es cuando el cóndilo viaja hacia medial, abajo y adelante.

Bennett inmediato que es cuando hay un desplazamiento medial previo al desplazamiento condilar progresivo.

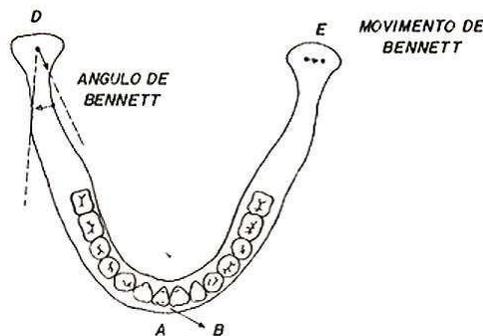


Figura 36. Movimiento de Bennett que va del punto A al B desde un plano horizontal (La posición de máxima intercuspidadación: a.- Es el contacto dentario que se produce al final del arco de cierre muscular b., 2016)

1.6.7 Angulo de Bennett.

Es el ángulo formado entre la traslación del cóndilo orbitante en lateralidad y un plano sagital, todo visto desde una vista horizontal. Esta lectura se conoce con el nombre de Ángulo de Bennett (movimiento progresivo). (Alonso et al., 1999)

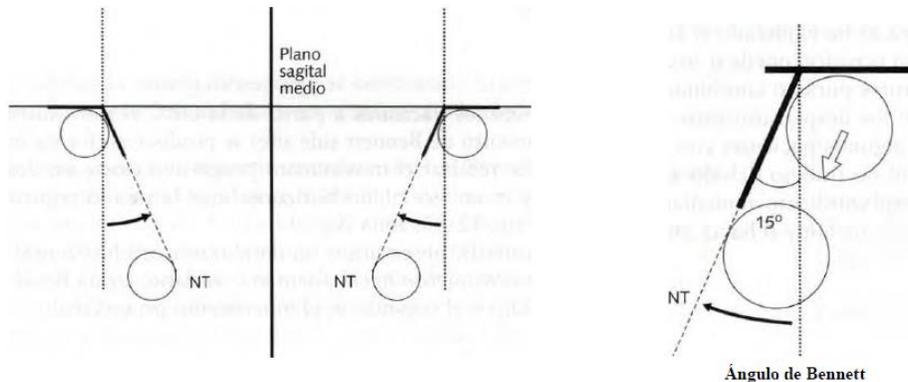


Figura 38. Angulo de Bennett, movimiento progresivo, lado de no trabajo (Alonso et al., 1999)

1.6.8 Poliedro de Posselt.

Esquema de los movimientos mandibulares registrados desde la zona anterior de la mandíbula (bordes incisales de los incisivos centrales inferiores). Como se ha mostrado que todos los movimientos mandibulares tienen lugar dentro de un marco de movimientos límite reproducibles. Al unirse los tres registros gráficos en cada plano resulta una figura en 3D, cuyos límites externos representan los movimientos bordeantes inducidos. (Pessina, E. et. al 1994).

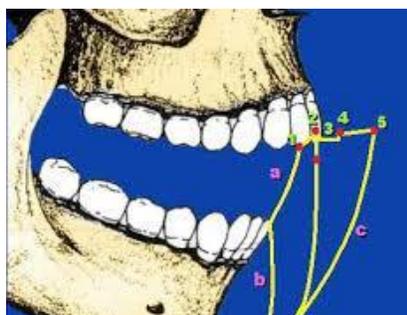


Figura 39. Posición retruida de contacto, Máxima Intercuspidación, Máxima protrusión, Máxima apertura en rotación, Posición de descanso fisiológico, Arco de cierre habitual, Arco de cierre protrusivo (Pessina, E. et. al 1994)

1.7 Límites Anatómicos de los Movimientos Mandibulares.

1.7.1 Límites Anatómicos Posteriores.

La articulación temporomandibular tiene dos tipos de comportamientos: infradiscal y supradiscal.

El comportamiento infradiscal se refiere cuando el cóndilo mandibular, en sus movimientos de rotación (arcos de cierre) es acompañado por el disco articular, por lo cual se recarga sobre sí mismo. Si el movimiento se realiza sin contacto dentario y llevado por el operador; y el cóndilo tiene como límite la pared posterior y superior de la pared glenoidea el movimiento será llamado arco de cierre esquelético. Durante el cierre, si los dientes ocasionan un tope durante el movimiento, además de un movimiento de rotación habrá un pequeño movimiento de traslación. A este movimiento le llamaremos arco de cierre adaptativo. El cual los límites serán la pared superior de la cavidad glenoidea y los dientes.

El comportamiento supradiscal es donde el cóndilo y el disco se desplazan hacia adelante y abajo a través de la eminencia articular.

1.8 Métodos de Ajuste o Calibración de la Inclinación Condilar y Ángulo de Bennett.

1.8.1 Registros Intrínsecos Estáticos.

El montaje en articulador es esencial para el diagnóstico protésico, esto replica los movimientos articulares mandibulares del paciente por lo que es de suma importancia trasladar toda la información del paciente al articulador con exactitud.

Una vez que el modelo superior se encuentra fijado en el articulador, el modelo inferior debe orientarse con respecto al modelo superior de una manera muy exacta para diagnosticar la oclusión, donde serán necesarios el registro de la angulación con métodos que se realizan dentro de la boca, como lo son los registros plásticos (Alonso et al., 1999).

1.8.2 Registros de Relación Céntrica.

Son empleados para reproducir de una forma correcta la relación entre la arcada superior e inferior cuando los cóndilos se encuentran en la posición más adelante y arriba en las cavidades glenoideas. (Alonso et al.1999) (Maldonado Moreno et al., 2015, p. 16)



Figura.40. Colocación de cera para realizar registro oclusal en cierre protrusivo (Maldonado Moreno et al., 2015, p. 16)

1.8.3 Registros interoclusales laterales

Son usados para ajustar la guía condilar del articulador. Esto ayudará para observar las relaciones dentarias y poder identificar puntos de contactos alterados u otras discrepancias oclusales.

Se realizan en la boca para checar la posición de los cóndilos en las cavidades glenoideas. Se utilizan para que las guías condilares se aproximen a los límites anatómicos de la articulación temporomandibular. Esto permite obtener el mayor beneficio de la articulación en la reproducción de movimientos mandibulares, para la fabricación de restauraciones mucho más exactas, lo que permitirá disminuir los tiempos al momento de los ajustes oclusales.

La configuración de la articulación temporomandibular tiene una influencia sobre los movimientos mandibulares y la morfología oclusal. La altura y colocación de la cúspide; la dirección y la profundidad del surco son influenciadas por la configuración de la articulación temporomandibular.

(Alonso et al., 1999)

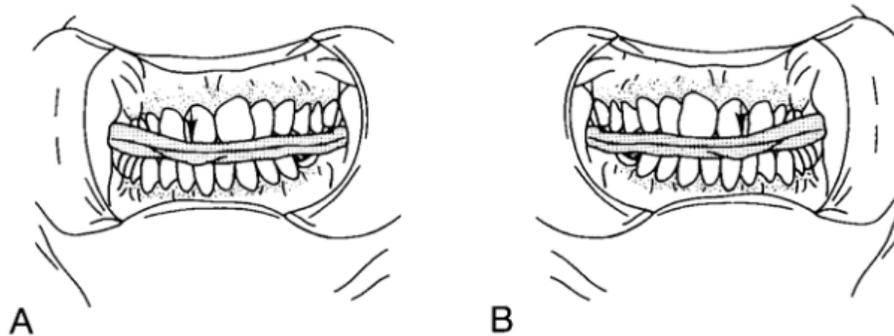


Figura 41. Se coloca un rodete de cera calentado ligeramente debajo de los dientes superiores 4 milímetros del centro a la derecha. Se guía la mandíbula hacia la derecha. Se ocluye hasta que se generen marcas en la cera de aproximadamente 1 mm de profundidad. Se enfría con aire y se retira. (Shillingburg, 2000) (Alonso et al., 1999)

1.8.4 Arco Gótico de Gysi

Registro gráfico intraoral que se realiza por medio de un tornillo central. Este tornillo puede localizarse tanto en superior e inferior. El tornillo estar colocado en la línea que intercepta el plano sagital medio y una línea imaginaria que va entre el segundo molar y primer molar de ambos lados. De esta forma se quedarán marcadas las trayectorias excéntricas y que tendrán como punto inicial en la posición central.

Se intentará colocar el tornillo hasta que se desocluyan ambas arcadas. Esto provocara un aumento de la dimensión vertical el cual será ajustado y actuara como desprogramador. Para el registro de los movimientos excéntricos comenzara en el punto de origen y son movimientos laterales y propulsivos que darán como resultado la figura del arco gótico. (Alonso et al., 1999) ((Maldonado Moreno et al., 2015).

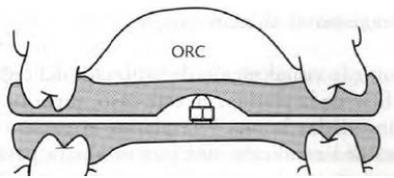


Figura 42. Tornillo de apoyo central único colocado en la mandibular, aunque también se puede colocar en el maxilar. (Pessina, E. 1994).

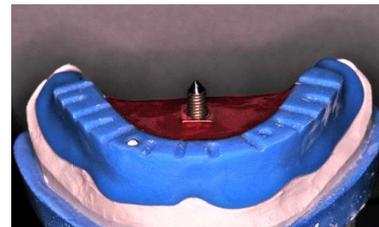


Figura 43. Tornillo incrustado sobre acrílico para la realización de un arco gótico (Acuña Priano, 2012)

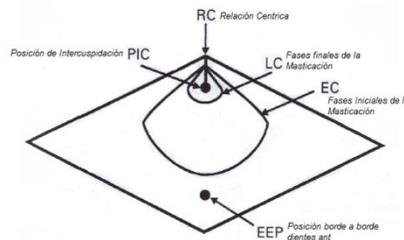


Figura 44. Esquema del arco gótico, donde muestra los movimientos funcionales dentro de los movimientos bordeantes horizontales (Alonso et al., 1999)

1.9 Axiografía.

La axiografía es un examen con un instrumento llamado axiógrafo o pantógrafo que permite registrar de manera exacta los movimientos del cóndilo y obtener los valores reales individuales de las angulaciones que son provocados por los movimientos del cóndilo sobre la cavidad glenoidea como lo son: Angulación de la guía condilar, ángulo de Bennet y permite encontrar el centro de rotación del eje terminal de bisagra para la programación de los articuladores semi ajustables y totalmente ajustables; o el diagnóstico de alguna patología en la articulación temporomandibular (Pessina, E. 1994).

Durante el momento en que se registran las trayectorias de los cóndilos durante el trazado no se genera ningún contacto dentario, esto permite que la manipulación de la mandíbula sea simple, ya que de esta forma se evitan las interferencias oclusales. Los registros que se obtienen son llamados pantogramas (Pessina, E. 1994).

El axiógrafo permite:

- Localización arbitraria del eje terminal de bisagra
- Visualización tridimensional de los registros.
- Almacenamiento de trayectorias.
- Calcula el ángulo de la trayectoria de guía condilar y ángulo de Bennett. Es suficiente con dibujar una tangente en el punto más en declive del registro.
- Es la única forma de que el operador pueda registrar la cinemática mandibular de algún individuo o paciente.
- Descripción de los diferentes trazos obtenidos (Zefati & Mehdi, 2019).

(Zenati, 2018)

La axiografía no es una técnica que se emplee de manera rutinaria en el estudio del paciente. Se utiliza más para el diagnóstico de patologías articulares del ATM, porque permite estudiar la trayectoria de movimiento de los cóndilos en los movimientos de apertura y en las lateralidades. (Landez, 2000)

El axiógrafo se compone de dos arcos: uno que va fijado a la nuca del paciente, que tiene dos banderas laterales a las que se les adhiere papel milimetrado sobre

el que se trazan los trayectos funcionales. El otro arco va unido a una cucharilla que se fija en la arcada inferior del paciente, de tal manera que se puedan realizar movimiento de protrusión y lateralidad, vienen puntas inscriptoras, colocadas en las extremidades para el trazado de las líneas. (Pessina, E. 1994).

Los errores que se pueden cometer durante el montaje al articulador pueden ser muy comunes y fáciles de que sucedan. Los movimientos de cualquier embrague pueden producir un error en la placa de trazado, debido a esto es la importancia de conocer las partes del pantógrafo al igual que su manejo (Madhavan et al., 2019)(Zenati, 2018)



Figura 44. Ejemplo de Axiógrafo, se muestra el axiógrafo Quick Axis de la casa comercial Fag (Zenati 2018)

El procedimiento de registro del axiógrafo es el siguiente:

1. **Clutch de fijación:** el clutch es llenado con yeso tipo 3 o silicona por condensación, colocado sobre las superficies oclusales e incisales; y firmemente presionado sobre los dientes inferiores. Esto permitirá que el clutch de fijación no se mueva hacia otra dirección y quede fijado en los dientes inferiores.
2. **Preparación y colocación del arco de análisis:** Los brazos laterales del arco son ajustados sobre los oídos. El primer punto de referencia es colocado al nivel del margen infraorbitario.

3. **Colocación del brazo del arco de registro:** Los tornillos verticales son ajustados entonces, los brazos son paralelos a las bases y el ajuste horizontal es calibrado a cero.
4. **Localización del eje terminal de bisagra:** Una mano del operado está alrededor por debajo de la barbilla y la otra mano está arriba sobre la cabeza del paciente. La mandíbula se mueve de arriba a abajo en el punto terminal de bisagra. Los brazos de registros son ajustados hasta que la punta del lápiz no se arqueé, pero permanece firme sobre el papel gráfico. El punto eje es marcado.
5. **Registro de los movimientos:** El lápiz que no registrará los movimientos es reemplazado por el lápiz de registro. Para registrar los movimientos de apertura se le dice al paciente que habrá la boca en apertura máxima y se repite tres veces. Siguiendo a esto, los movimientos de protrusión son registrados de la misma manera empezando desde el punto terminal de bisagra (Madhavan et al., 2019).



Los Criterios para interpretación de las líneas obtenidas son basados en:

- **Amplitud:** es importante, si es promedio o reducida.
- **Características:** Si es rectilíneo, cóncavo, convexo o cambiante.
- **Reproducibilidad:** parcial o superposición total en el mismo paciente.

Figura 45. Ejemplo de un axiógrafo montado en un paciente. Se puede observar la simetría en los dos brazos superiores y el brazo inferior (Zenati 2018)

- **Modo:** si es simétrica o no, en comparación de lado derecho con el lado izquierdo en el mismo paciente. (Zefati & Mehdi, 2019)(Zenati 2018)

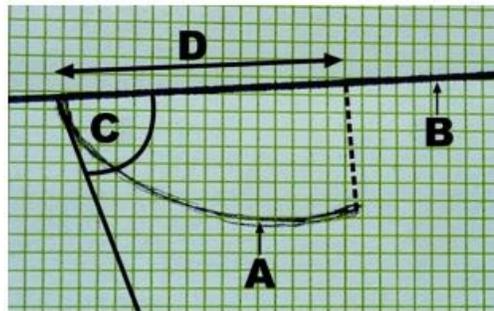


Figura 46. Se muestra como A) la guía condilar se registra sobre la hoja milimetrada. B) una línea de referencia: plano axis-orbital. C) ángulo entre la línea dibujada tangente al ángulo inicial de inclinación de la línea de la guía condilar y la línea de referencia. D) línea proyectiva del ángulo sobre la línea de referencia.(Kucukkeles et al 2005)

1.10 Diseño Digital de Prototipos.

1.10.1 Diseño Digital en CAD Solidworks®.

El software CAD SOLIDWORKS® es una aplicación que permite la automatización de diseño mecánico, que a su vez también concede a los diseñadores generar ideas con mayor velocidad, experimentar con operaciones y cotas.

También ayuda en la producción de modelos y la realización de dibujos detallados. Los modelos son elaborados con geometría en 3D, esto define sus aristas, caras y su superficie. En el momento en que se diseña una pieza y desde el croquis inicial y hasta el resultado final, se está creando un modelo en 3D, a partir de este modelo, se puede crear dibujos o diseños en 2D.

También se pueden crear componentes de relaciones de posición que consten de piezas y subensamblajes para crear ensamblajes en 3D al igual que hacer dibujos en 2D a partir de los ensamblajes en 3D.

Al finalizarlos puede visualizarlo en tres dimensiones para ver su aspecto una vez fabricado. (*My SolidWorks, 2021*)

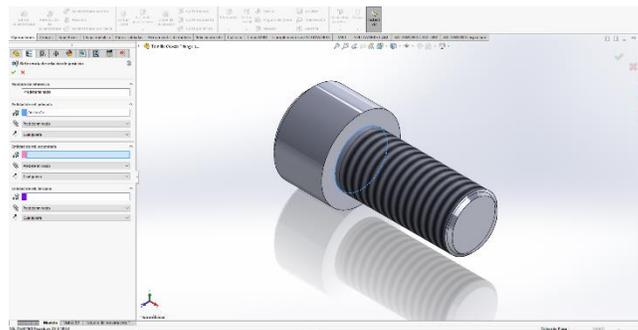


Figura 47. Tornillo realizado en el programa Solidwork (SOLIDWORKS LATAM y España, 2019)

1.10.2 Proceso de Diseño.

El proceso de diseño en su mayoría de veces consta de las siguientes fases o procesos:

- Identificación de los requisitos del modelo
- Conceptualización del modelo en función de las necesidades identificadas.
- Desarrollo del modelo según los conceptos estipulados.
- Análisis del modelo.
- Generación del prototipo del modelo.
- Construcción del modelo. •
- Edición del modelo, en caso de ser necesario.

1.10.3. Intención del Diseño.

La intención del diseño, es la planificación para poder determinar el modo en que desea que reaccione el modelo, como resultado de los cambios que se realizan en el mismo y evitar un mayor número de correcciones a futuro.

Es necesario comprender el propósito del modelo para diseñar eficazmente, al igual que poder anticipar las posibles necesidades futuras para reducir al mínimo la tarea de volver a diseñar. (*My SolidWorks, 2021*)

1.10.4 Método de Diseño.

Es conveniente antes de diseñar un modelo, es ideal planear un método para la creación del modelo para lo cual primero es necesario identificar las necesidades y aislar los conceptos adecuados. (My SolidWorks, 2021)

1.10.5 Croquis.

Es un perfil o sección transversal en 2D, para lo cual se deberá utilizar un plano o una cara plana. También se podrán crear planos en 3D con un eje Z. Es la base para la mayoría de los modelos 3D. A partir de estos, se pueden crear operaciones. Se pueden combinar estas operaciones para crear una pieza y después, puede combinar y establecer relaciones de posición entre las piezas. Estas piezas se pueden combinar y establecer relaciones de posición entre las piezas para crear un ensamblaje. A partir de la creación de piezas y ensamblajes se podrán crear los dibujos. (My SolidWorks, 2021)

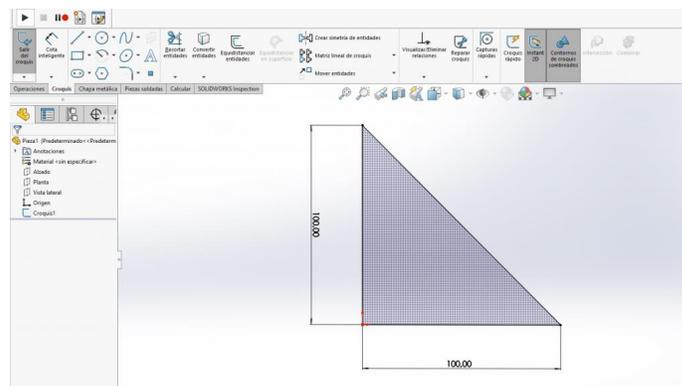


Figura 48. Croquis en 2D en el cual se muestran las medidas, los ejes, y planos para su formación A. (2020, <https://tutorialsolidworks.es/croquizado-en-solidworks/>)

1.10.6 Piezas.

Las piezas son los bloques principales de los modelos de SOLIDWORKS. Cada uno de los ensamblajes y dibujos que se crean, están compuestas por piezas. (*My SolidWorks, 2021*)

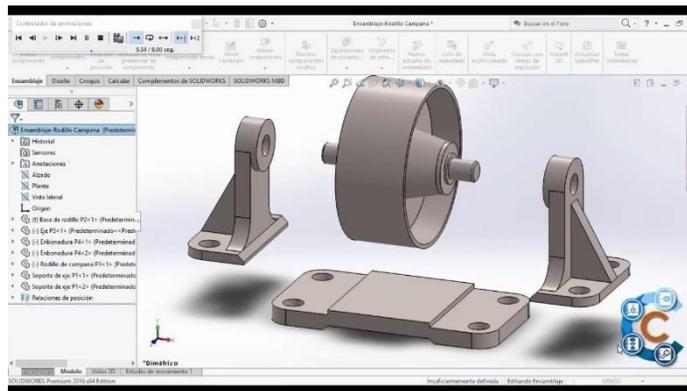


Figura 49. Se muestran un conjunto de diferentes piezas que fueron diseñadas una por una para un ensamblaje. (CADISAC, 2019)

1.10.7 Ensamblajes.

Es el conjunto de piezas relacionadas guardadas en el mismo archivo de SOLIDWORKS.

Los ensamblajes contienen de dos a más de mil componentes que pueden ser desde piezas hasta otros ensamblajes que serán denominados subensamblajes. Reproducen el movimiento entre las piezas relacionadas dentro de todas sus posibilidades y los componentes de un ensamblaje se definen en relación con el resto de los componentes mediante relaciones de posición de ensamblaje. (*My SolidWorks*, 2021)

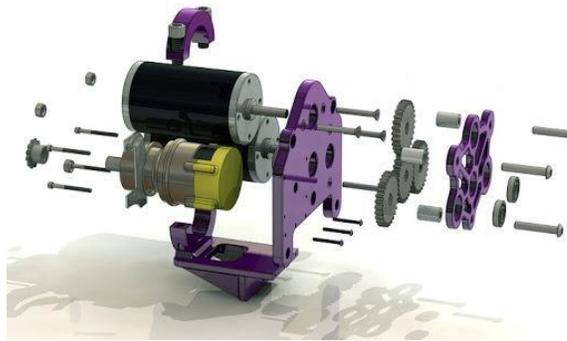


Figura 50. Ejemplificación esquematizada de un motor, donde nos muestra sus diferentes componentes y subensamblajes a punto de ser ensamblados

1.10.8 Dibujo.

Los dibujos son documentos en 2D que sirven para transmitir un diseño destinado a su fabricación. Se muestran las imágenes de los modelos junto con cotas y anotaciones. Estos dibujos se ven en una vista estándar que consta de 3 vistas: frontal, superior e isométrica o explosionada. Las imágenes van acompañadas de cotas, anotaciones, líneas de explosión para facilitar la fabricación y ensamblaje del modelo a realizar.

Para mejorar la hoja de dibujo y mostrar mayor claridad también es posible colocar globos, que serán de gran utilidad para referenciar las piezas, secuencias de armado etc.

También es posible generar una lista de materiales a utilizar durante el ensamblaje del prototipo a realizar junto a la información necesaria durante el proceso de fabricación (My SolidWorks, 2021)

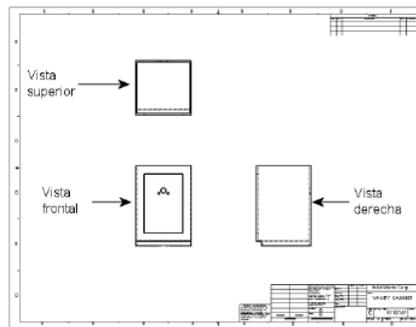


Figura 51. Se muestra una hoja de dibujo, donde se ven las 3 caras de la pieza a fabricar (My SolidWorks, 2021)

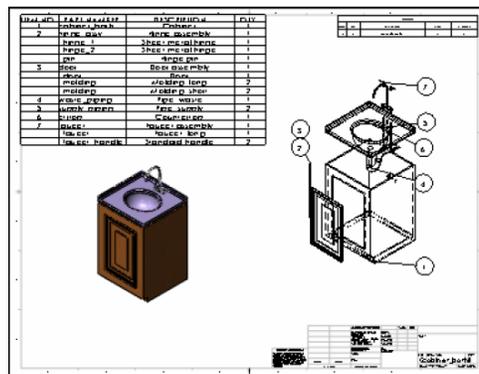


Figura 52. Hoja de dibujo donde se muestran los globos enumerados acorde a la lista de materiales, con su respectiva lista de materiales para su fabricación y armado en físico. (My SolidWorks, 2021)

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES

Anteriormente se creía que el sistema masticatorio estaba constituido sólo por los dientes, y que estaba conformado solo por dos movimientos: el movimiento de apertura y de cierre. Conforme fue pasando el tiempo, después de varias investigaciones y experimentación se comprendió que no solo estaba constituido por dientes sino también por músculos y la articulación temporomandibular; y que no solo eran movimientos de apertura y cierre sino también lateralidades, protrusión, retrusión.

John Hunter (1771) estudió la anatomía de los dientes y su oclusión, todo ello mediante la disección. Describió, así en términos modernos de anatomía y fisiología del sistema masticatorio. Sin embargo, esto fue hecho en una época en que la odontología no estaba constituida como una profesión definida.

No obstante, el progreso técnico fue rápido y a principio del siglo XIX William G.A. Bonwill (1864) describió los movimientos hacia adelante y debajo de los cóndilos cuando introdujo su concepto de oclusión y su articulador bidimensional a la profesión, el cual estaba basado en su teoría triangular. Fue artífice de la oclusión equilibrada o balanceada. Con apoyo de su articulador, realizó prótesis removibles artificiales que realizarían todas las funciones de la masticación. Realizó una descripción del movimiento hacia adelante y abajo de los cóndilos, pero no reconoció la influencia de este fenómeno en la articulación de los dientes y no hizo intentos de determinar estos parámetros.

Francias H. Balkwill (1866) realizó una histórica presentación en la Sociedad Odontológica de Gran Bretaña. Sus descripciones sobre los movimientos maxilomandibulares y su relación entre ellos eran extraordinariamente precisos y detalladas para los estándares actuales. Consideró no viable hacer la medición de la inclinación condilar en personas vivas, por lo cual exhibió un instrumento para medir “el ángulo formado por el plano imaginario del triángulo de Bonwill y el plano

imaginario (plano oclusal) descrito por los incisivos y la cúspide disto vestibular del segundo molar inferior”. Estimó este ángulo en un valor medio de unos 26° y fue denominado “ángulo de Balkwill”.

Walker (1896), observó que las dentaduras balanceadas en el articulador de Bonwill no balanceaban en boca, señaló la falta de inclinación condílea. Dijo que la trayectoria condilar variaba de persona a persona e incluso en la misma persona, era diferente. Para medir la trayectoria de cada cóndilo individualmente, Walker diseñó un aparato al que le nombre *clinómetro facial* y el procedimiento para su uso porque fue diseñado para determinar el ángulo de la trayectoria condilar en la cara.

Charles E. Luce (1889) fue probablemente el primero en usar un arco facial mandibular para reproducir los movimientos de la mandíbula y para localizar específicamente las guías condilares individuales. Usaba lo que él llamaba el “photographic” método para registrar el movimiento relativo de 3 puntos en la mandíbula: el cóndilo, ángulo y sínfisis. Los resultados de Luce corroboraron los encontrados por Balkwill, que los cóndilos se movían hacia abajo y hacia adelante; además, encontró que las trayectorias condilares eran curvas y que había una considerable variación en los movimientos del cóndilo, ángulo y sínfisis.

John B. Parfitt (1902) fue el primer investigador en imitar la curvatura anatómica de las trayectorias condilares en un articulador. El mostraba que “los movimientos de la mandíbula son de 3 tipos: Rotación sobre un eje horizontal que pasa a través de los dos cóndilos; traslación de la mandíbula hacia adelante y hacia abajo; rotación sobre un eje vertical pasando a través de un cóndilo.” Las trayectorias condilares se trazaron con su arco facial "al unir un pedazo pequeño de crayón al extremo de un brazo rígido conectado a una placa de prueba inferior para que el crayón quede sobre el cóndilo.” Una tarjeta de papel, sostenida por una varilla conectada a los dientes superiores o cresta alveolar se colocó debajo del crayón. Después de que se hicieron los trazos, se cortaron piezas de metal fino a la forma de los trazos y se unieron a la placa superior del articulador.

George G. Campion declaró que la forma y las variaciones de las guías condilares muestran cuán inútiles eran los esfuerzos para construir un articulador anatómico. Sostuvo que ningún articulador podría ser verdaderamente anatómico a menos de que pudiera imitar las guías condilares exactas de cada paciente. Norman estructuró un aparato simple para medir la inclinación de las vías del cóndilo hacia el plano oclusal (inclinación condilar).

Alfred E. Gysi (1911) no fue el primero en determinar las guías condilares individuales para el uso del articulador, pero comenzó a mejorar y refinar el proceso con fines clínicos. El *Adaptable*, tercera patente de articulador realizada por Gysi, el cual incorporó características importantes, destacando los centros de rotación ajustables y guías condilares ajustables. Fue el primer articulador en incluir ángulos de Bennett ajustables. Gysi usó un dispositivo de grabación que es el trazador de *arco gótico* para medir los movimientos incisales y un trazador con estiletes y *banderas* para registrar las trayectorias de las guías condilares. Estas medidas se utilizaron para ajustar los controles del articulador *Adaptable*. Gysi afirmaba que era prácticamente imposible obtener un registro condilar consistente con variaciones que van desde los 5 hasta los 25 grados por debajo o por arriba en condiciones particulares, planteando dudas sobre la precisión de la guía condilar que registramos actualmente en un articulador semi ajustable.

F.W. Craddock (1949) describió el valor promedio para registrar la inclinación de la guía condilar. Afirmó que generalmente, en un articulador de tipo promedio, se podría usar con una guía condilar fija de 30° para los pacientes cuya guía condilar real fuese de entre 25° y 35° aproximadamente, lo cual traería un error resultante de 0.25 mm o menos en el contacto de balance de los molares. Mencionó que si se empleaba una guía condilar fija en la práctica, existiría cierta justificación para aumentar el grado de la guía condilar, es decir, hacerlo más inclinado en lugar de más plano que el promedio de 30° grados, ya que entonces la guía real de la mayoría de los pacientes sería más plana que la del articulador. Si fuese una

disposición inversa requeriría el rectificando de los dientes anteriores, lo que podría resultar en un cambio del plano estético.

Kenneth H Swanson (1965) recibió la primera de tres patentes cuya culminación fue el desarrollo de un articulador que sería el primero en definirse como totalmente ajustable. Los tres controles funcionales del articulador eran los dos elementos condilares posteriores y la guía incisal anterior. Los dos controles posteriores consistían en cóndilos esféricos sobre los postes de los cóndilos del marco inferior, y sobre el marco superior, las *guías angulares* estaban colocadas en un ángulo *que en teoría se aproximaba al ángulo mínimo entre un plano horizontal y el plano de la cavidad glenoidea y el cóndilo*.

En 1975 se registró la patente de su tercer modelo de articulador de ATM. Esta patente incluía un control condilar. El diseño fundamental de ese control incluía el ángulo de Bennett ajustable y los ángulos de la guía condilar. Las fosas mecánicas eran un accesorio, además tenían fosas preformadas de plástico de 28°, 35°, 40°, 45° y 50°.

Robert L. Lee (1983) realizó el diseño del sistema de Panadent, el cual se basó en la premisa de que era posible clasificar los movimientos condilares individuales en grupos según el valor del desplazamiento lateral.

A inicio del nuevo siglo, la compañía KaVo desarrolló el articulador *Protar* el cual ofrecía buena precisión, muy rentable y proveía un manejo superior. El *Protar 3*, tiene un miembro superior con curvatura sagital y una trayectoria en las guías condilares ya preestablecidas, una inclinación condilar horizontal de 45 ° y un ángulo de Bennett fijo de 15 °. Por otra parte, el *Protar 7* tiene un miembro superior con ángulo sagital ajustable y trayectorias condilares horizontales, así como desplazamiento lateral inmediato y retrusión con un ángulo de cambio ajustable.

Robert Lee (1969) en el World Life Research Institute de Colton, California introdujo por primera la axiografía, que describió como el registro del plano sagital de los movimientos mandibulares a nivel condilar.

Mani y cols (1981) llevaron el axiógrafo a Europa con el Quick Analyser de la casa francesa FAG Dentaire. Aunque su utilización fue mayor con la aparición de dos axiógrafos: SAM1 y SAM2 gracias a Slavicek

El principio de la axiografía electrónica se debe a Meyer y Dal Ri (1985), que con el cambio del reloj analógico mecánico por un aparato de palpación electrónico de alta resolución y la sustitución de las etiquetas de registro por una hoja de resistencia, determinaron por primera vez tridimensional y electrónicamente los movimientos del punto del eje de bisagra. El Axiotron (marca SAM) y el Cadiax (marca Gamma) son dos sistemas de axiografía electrónica muy similares. El axiograma mecánico se ha utilizado para localizar el eje horizontal transversal. Otros prefieren el axiógrafo computarizado para documentar la biomecánica de la articulación temporomandibular (ATM), analizar las trayectorias condilares en los trastornos temporomandibulares (DTM) o controlar la función y la disfunción antes y después del tratamiento en DTM. Sin embargo, la utilidad clínica de los dispositivos de registro de la mandíbula aún no se ha establecido adecuadamente, y el análisis del movimiento de la mandíbula sigue siendo principalmente una herramienta de investigación. En un estudio realizado por Kucukkeles et al 2005, comparan la axiografía mecánica con la axiografía computarizada para analizar si existen diferencias entre las mismas. Las conclusiones de este estudio nos muestran que no hay diferencias significativas entre localizar el eje de bisagra con una técnica o con otra y las pequeñas diferencias que puedan existir son debidas a errores cometidos por el operador, sobre todo en el uso de la axiografía mecánica. La axiografía representa una de las maneras más fidedigna de trabajar con la dinámica mandibular; ya sea para conocer su funcionamiento, evaluar los desórdenes temporomandibulares , o evaluar los posibles planes de tratamiento en función a la misma o a otras pruebas más complejas como la sonografía articular.

Así mismo, se ha tratado de comparar el trabajo axiográfico, analógico o digital, con distintas pruebas diagnósticas como el examen clínico, la resonancia magnética computarizada, o la sonografía articular. Piancino et al 2009, comparan la Resonancia Magnética y la Axiografía Computarizada, observando que registran diferentes características de las articulaciones, siendo la RM un examen estático y la Axiografía un examen dinámico. Concluyen que deben considerarse complementarias y ambas necesarias para un diagnóstico completo de la patología articular temporomandibular. La ventaja de la Axiografía computarizada sobre el dispositivo mecánico es tener ampliado el diagrama de trazados en la pantalla del ordenador. Esto significa que pequeños cambios como los desplazamientos iniciales del disco pueden ser diagnosticados más fácilmente que con el dispositivo mecánico. El gran inconveniente de la Axiografía es su inoperancia en la clínica, debido a su dificultad de manejo, tiempo de entrenamiento (no sólo del profesional sino del paciente para el examen) ...etc

CAPÍTULO III

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Desde que se determinó la complejidad de los movimientos mandibulares del sistema estomatognático, se han buscado varias maneras de reproducir dichos movimientos para su comprensión y para la rehabilitación adecuada de los pacientes. Dando como resultado, el desarrollo de varios artefactos que han ido evolucionando hasta llegar a los articuladores modernos, los cuales pueden imitar algunos de los movimientos mandibulares como son apertura, cierre, lateralidades y protrusión; siendo auxiliados mediante la integración de diversos accesorios para mejorar la precisión de los registros y la imitación de los movimientos a través de las angulaciones de las guías condilares, el pin incisal, mesa incisal y arco facial.

Cabe resaltar, que uno de los accesorios más importantes en los articuladores son las guías condilares, ya que le dan precisión y similitud a la reproducción de los movimientos excéntricos de cada paciente. Actualmente, dependiendo de la capacidad de ajuste, hay diferentes tipos de articuladores en el mercado. Los *articuladores de bisagra* tienen un eje de giro, por lo que solo pueden realizar el movimiento de apertura y cierre, dejando de lado cualquier otro movimiento excéntrico. Por su parte, los *articuladores semi-ajustables* pueden ser de valores promedio (muestran guías condilares, ángulo de Bennett y distancia intercondilar inamovibles) o promediabiles (requieren de registros excéntricos estáticos para calibrar las angulaciones). Sin embargo, ambos solamente se aproximan a los valores reales de los pacientes. En caso contrario, los *articuladores totalmente ajustables* imitan con mayor exactitud los movimientos del paciente ya que llevan a cabo una serie de registros complejos de los movimientos mandibulares con ayuda de un axiógrafo, para después transferir dichos registros al articulador.

Actualmente, los estudiantes de la Licenciatura en Odontología de la ENES León de la UNAM, emplean un articulador semi-ajustable para llevar a cabo las rehabilitaciones de sus pacientes de Prótesis y Odontología Geriátrica, y para la calibración de la inclinación de la guía condilar obtienen registros excéntricos estáticos con material de impresión; sin embargo, se ha observado mucha variabilidad al momento de utilizarlos en el articulador con los modelos montados.

De igual manera, la literatura ha reportado varias alternativas para la calibración de la inclinación de la guía condilar además de los registros excéntricos estáticos antes mencionados. Dentro de dichas opciones destacan los valores promedio de ángulo de Bennett e inclinación de la guía condilar propuestos por F.W. Craddock en 1949. Lo cual nos resulta preocupante; primero, porque fueron postulados hace mucho tiempo y segundo; dichos postulados se validaron en una muestra de pacientes extranjeros que probablemente no coincida con el fenotipo de la población mexicana actual.

Por otra parte, para solventar dicha problemática; recientemente han surgido articuladores basados en teorías que mencionan la existencia de una relación entre el biotipo facial y la angulación de la inclinación de la guía condilar (Magaña-Ahedo 2017). Así mismo, esta última teoría resulta interesante, sin embargo en la literatura hay pocos reportes en dónde se expongan las pruebas que sustente dicha relación.

Por tal motivo, resulta importante diseñar y elaborar un instrumento que pueda medir la inclinación de la guía condilar de una forma correcta, sencilla y lo más importante, de fácil acceso a los alumnos de la ENES León de la UNAM. El objeto ideal es un axiógrafo, el cual lleva años en el mercado pero que presenta ciertas situaciones que lo hacen un producto de difícil adquisición debido a su elevado precio.

3.2 JUSTIFICACIÓN.

Es sumamente importante que el clínico conozca los principios de la oclusión para la realización de un tratamiento acorde a las necesidades de cada paciente y de esta manera pueda lograr un correcto funcionamiento de la misma para evitar complicaciones en el paciente.

Por consiguiente, el poder comprender la importancia del uso del articulador y de obtener los valores individuales de cada paciente (angulación condilar y ángulo de Bennett) puede potenciar el éxito del tratamiento. Por lo tanto, resulta lógico e imprescindible la utilización de un articulador con los valores más cercanos o si es posible iguales a los del paciente y esto dependerá de la precisión del método de obtención de la información para llevarlo a cabo.

De esta manera, el Laboratorio de Prótesis Bucal Avanzada de la ENES León de la UNAM, cuenta con la infraestructura para poder diseñar digitalmente un axiógrafo para que así, sus componentes puedan ser obtenidos a través de la tecnología de la impresión 3D, lo cual propiciará el beneficio de poner al alcance de los alumnos un axiógrafo de calidad a precio asequible, que le ayudará a reforzar el aprendizaje de conceptos básicos de la oclusión. Por tal motivo el presente trabajo se centrará únicamente en el diseño digital e impresión de dicho aparato.

3.3 OBJETIVO GENERAL.

Realizar el diseño digital e impresión 3D de un aparato para medir la angulación de la guía condilar

3.3.1Objetivos Específicos.

- Realizar el diseño digital de un aparato que mida la angulación de la guía condilar.
- Obtener los componentes del aparato en archivos formato. stl compatibles con impresora 3D.
- Obtener el aparato a través de impresión 3D.

CAPÍTULO IV

4. MÉTODOS

3.1. Diseño del Componente Móvil del Aparato.

3.1.1. Materiales, Instrumental y Equipo.

- Computadora.
- Software de Diseño SolidWorks.

3.1.2. Método.

A través del software de diseño digital se realizaron planos en dos dimensiones de cada uno de los componentes del aparato. Para esto se decidió diseñar dos prototipos; uno cuyos componentes (sujetadores, tornillos y tuercas) tuvieran rosca para poder ser obtenidos en metal a través de torno y el segundo en donde sus componentes no tuvieran rosca con la intención de obtenerlos a través de impresión 3D en resina de alto impacto o nylon.

Una vez obtenidos los planos 2D de cada uno de los componentes, estos fueron convertidos a modelos 3D para finalmente obtener archivos *.STL* de cada uno.

3.1.2.1. Diseño 2D de los Componentes.

3.1.2.1.1. Varilla Principal, Cuerpo de Fijación Central y Cuerpo de Fijación Lateral.

El primer componente diseñado es la varilla principal; la cual tiene una longitud de 350 mm y un diámetro de 6.30 mm (figura 53).

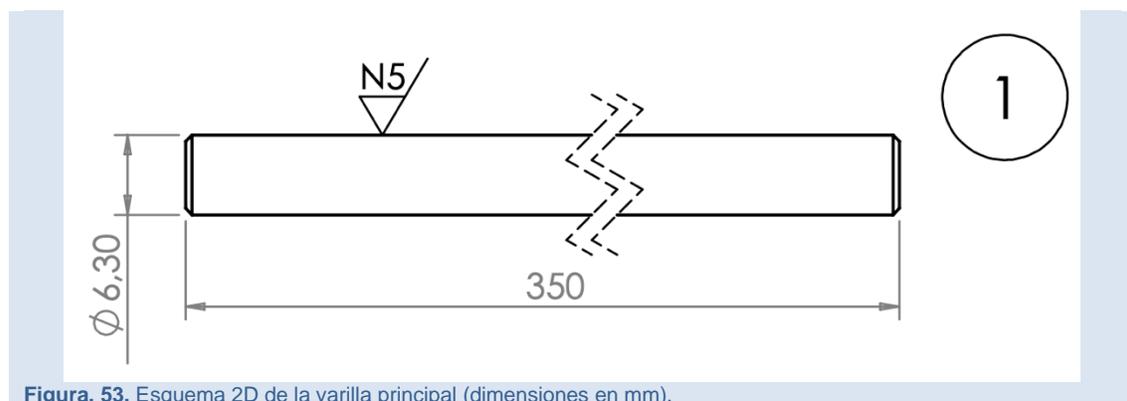


Figura. 53. Esquema 2D de la varilla principal (dimensiones en mm).

El cuerpo de fijación central (figura 54) tiene la función de sujetar y fijar la horquilla de registro dental.

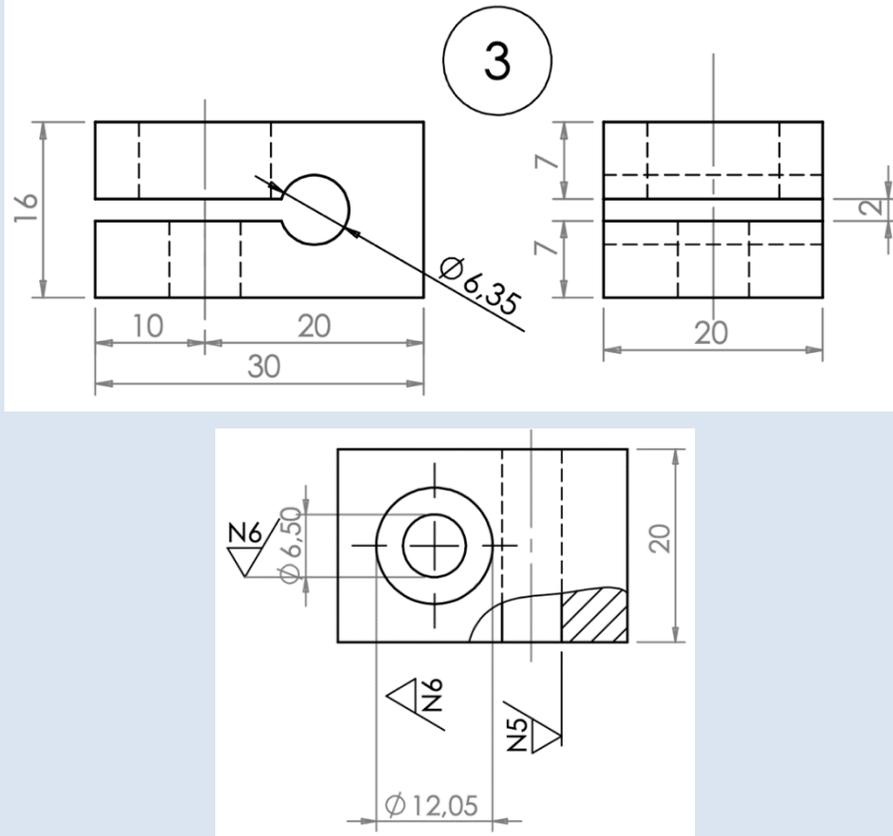


Figura. 54. Esquema 2D del cuerpo de fijación central (dimensiones en mm).

A su vez, el cuerpo de fijación central está complementado por el tornillo y tuerca de fijación (Figuras 55-58).

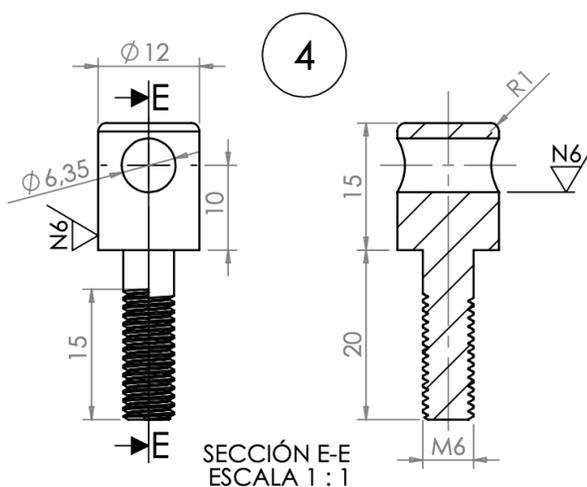


Figura. 55. Esquema 2D del tornillo de fijación central con rosca (dimensiones en mm).

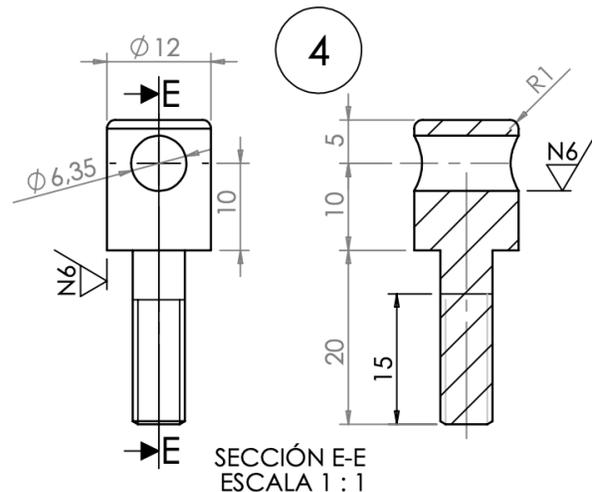


Figura. 56. Esquema 2D del tornillo de fijación central sin rosca (dimensiones en mm).

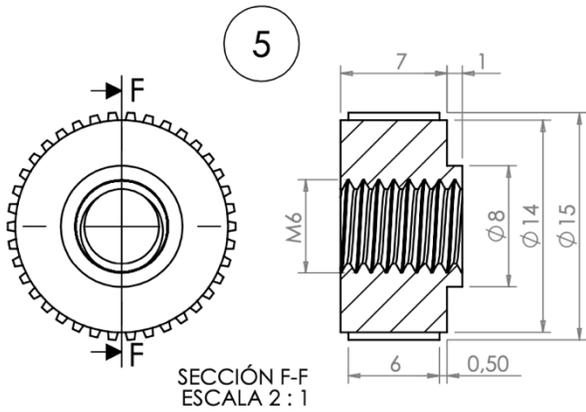


Figura. 57. Esquema 2D de la tuerca de fijación central sin rosca (dimensiones en mm).

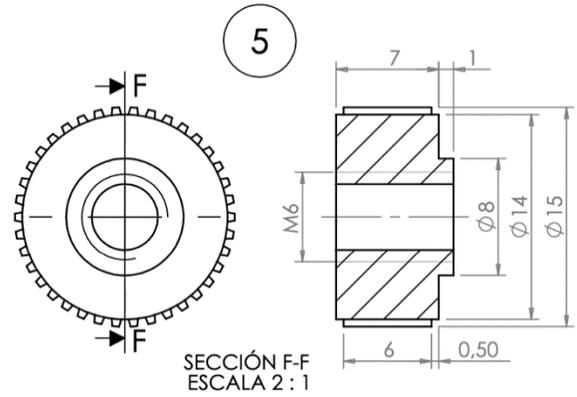


Figura. 58. Esquema 2D de la tuerca de fijación central sin rosca (dimensiones en mm).

El cuerpo de fijación lateral (Figuras 59 y 60) es el componente que une la varilla central con la varilla lateral de fijación. Y a su vez se complementa con un tornillo de fijación lateral (Figuras 61 y 62).

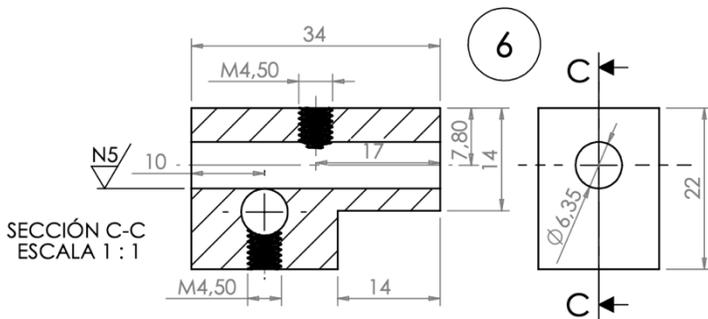


Figura. 59. Esquema 2D del cuerpo de fijación lateral sin rosca (dimensiones en mm).

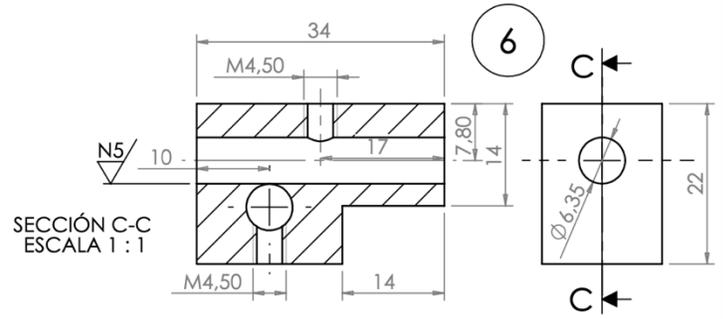


Figura. 60. Esquema 2D del cuerpo de fijación lateral sin rosca (dimensiones en mm).

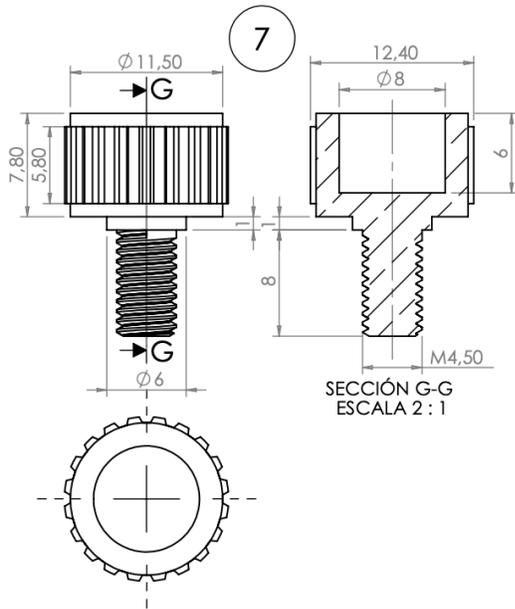


Figura. 61. Esquema 2D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca (dimensiones en mm).

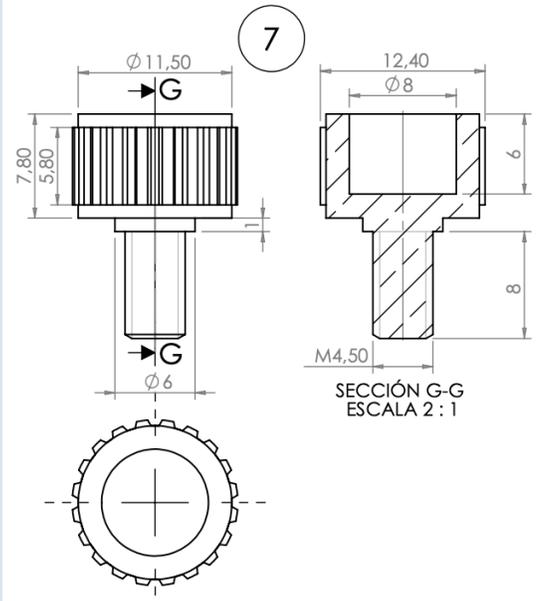


Figura. 62. Esquema 2D del Tornillo de Fijación Lateral sin Rosca (dimensiones en mm).

3.1.2.1.2. Varilla Lateral de Fijación a Estilete o Grafito.

Este componente (Figura 63 y 64), está compuesto por una varilla continua a un soporte y un tornillo de fijación (Figuras 65 y 66). En conjunto tienen la finalidad de sujetar y fijar un estilete o grafito para obtener los trazos deseados. Para estos componentes se hicieron dos versiones de plano 2D, uno para ser obtenido en impresión 3D en nylon y otro para obtenerse en metal a través de torno.

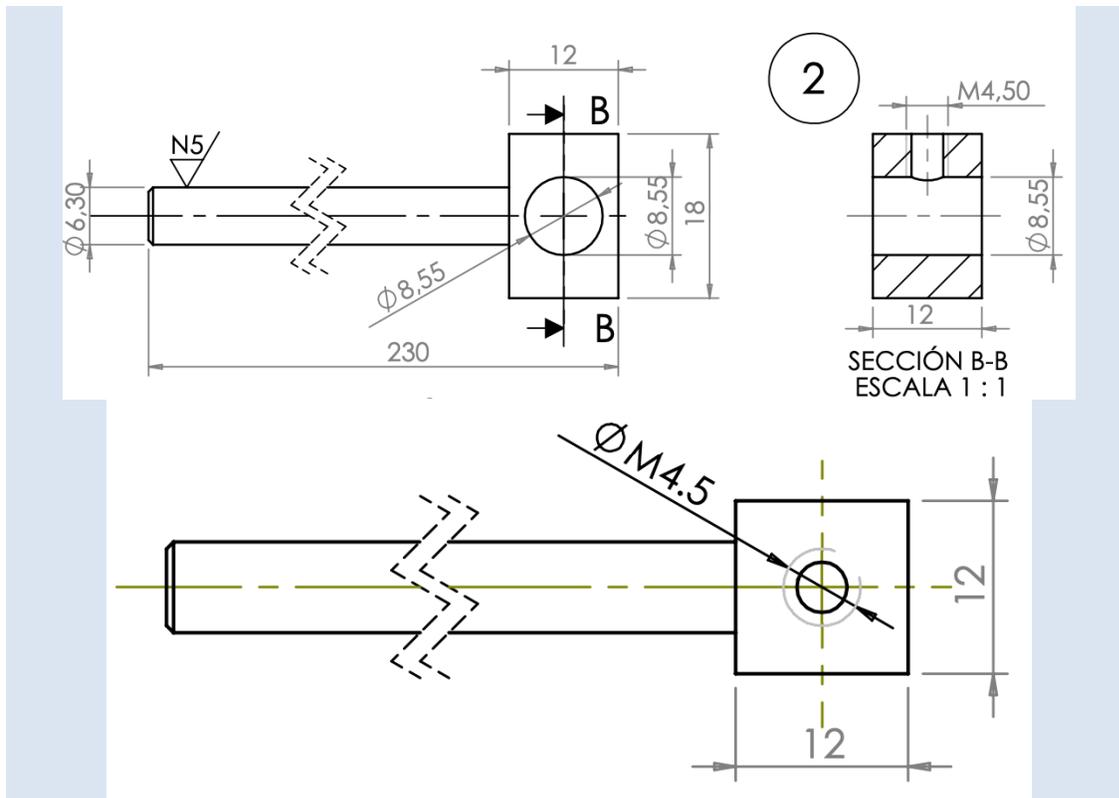
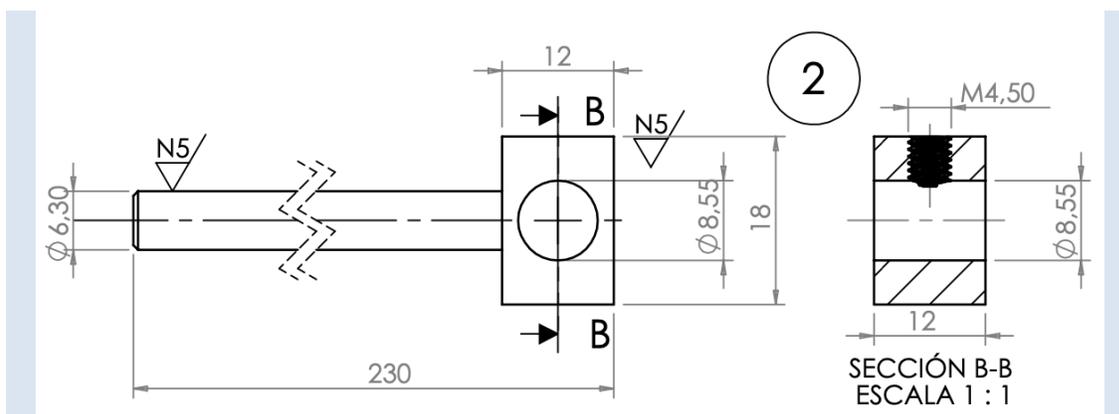


Figura. 63. Esquema 2D de la varilla lateral sin rosca en este se indican los tipos de rosca que se deben hacer (dimensiones en mm).



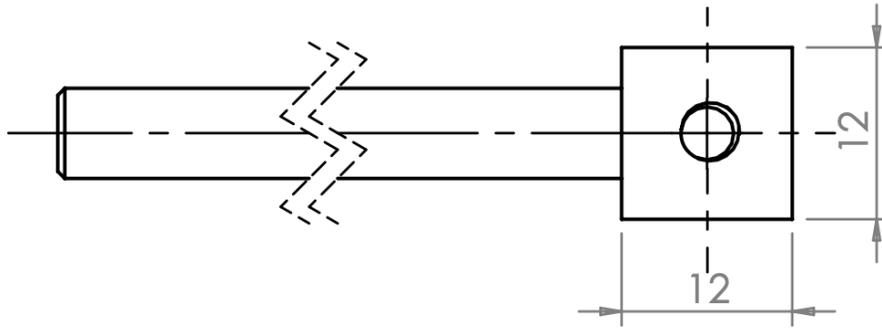


Figura. 64. Esquema 2D de la varilla lateral con rosca (dimensiones en mm).

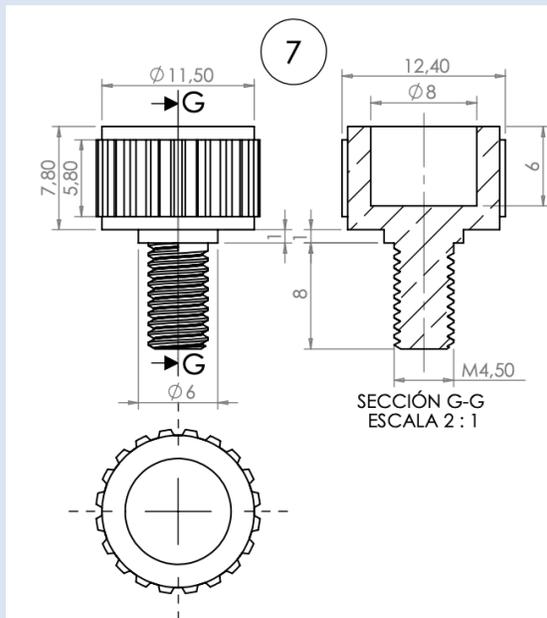


Figura. 65. Esquema 2D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca (dimensiones en mm).

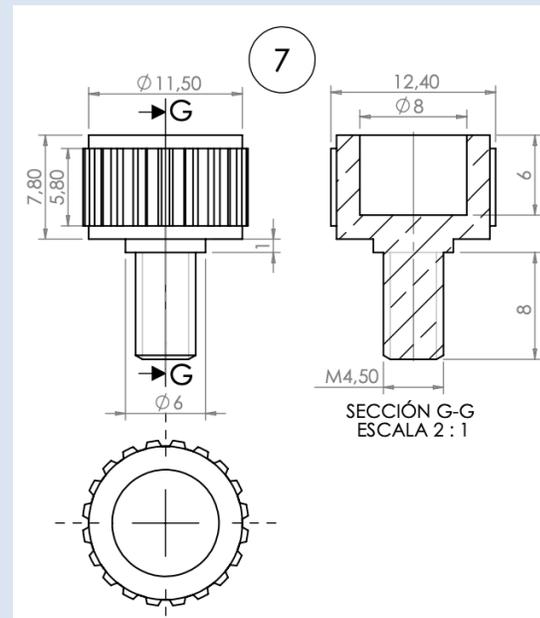


Figura. 66. Esquema 2D del Tornillo de Fijación Lateral sin Rosca (dimensiones en mm).

3.1.2.2. Diseño 3D de los Componentes.

3.1.2.2.1. Varilla Principal, Cuerpo de Fijación Central y Cuerpo de Fijación Lateral.

Una vez obtenido el plano 2D de la varilla principal; esta se convirtió a un modelo 3D utilizando las dimensiones estipuladas (Figura 67).

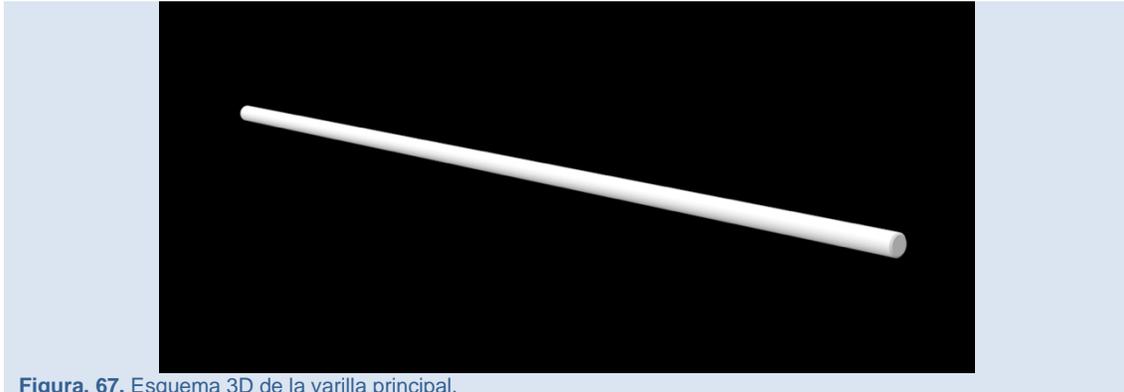


Figura. 67. Esquema 3D de la varilla principal.

De igual manera, se obtuvo un modelo 3D del cuerpo de fijación central (figura 68); respetando las dimensiones estipuladas.

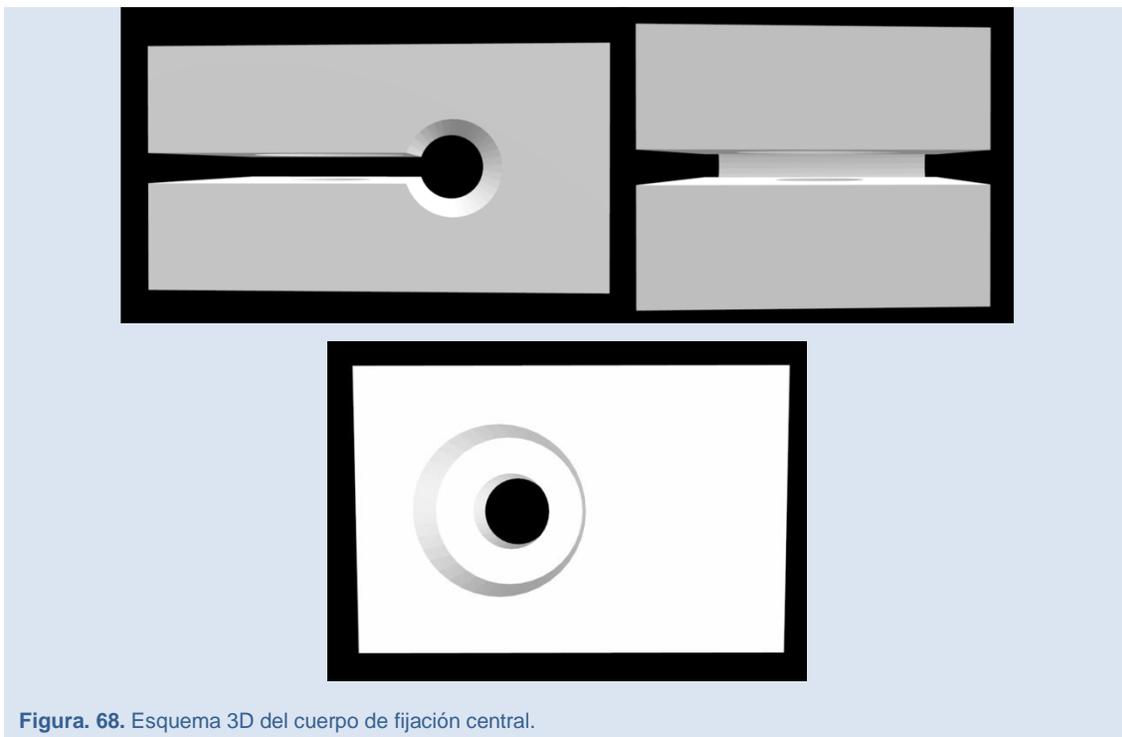


Figura. 68. Esquema 3D del cuerpo de fijación central.

También, se obtuvieron modelos 3D de todos los componentes del cuerpo de fijación central (tornillo y tuerca de fijación) y se respetaron las dimensiones estipuladas (Figuras 69-72).

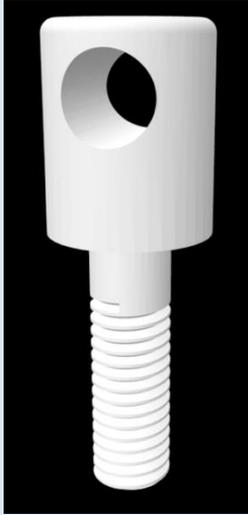


Figura. 69. Esquema 3D del tornillo de fijación central con rosca.

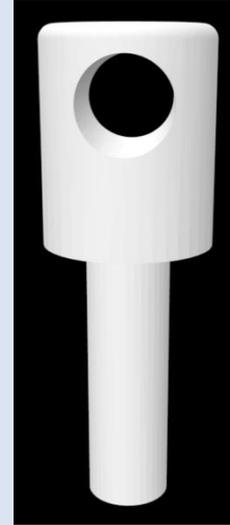


Figura. 70. Esquema 3D del tornillo de fijación central sin rosca.

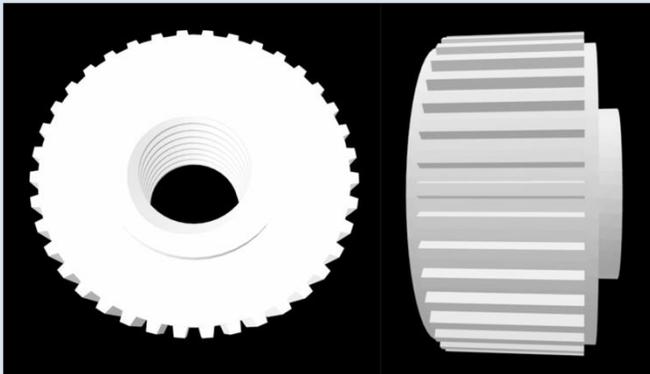


Figura. 71. Esquema 3D de la tuerca de fijación central sin rosca.

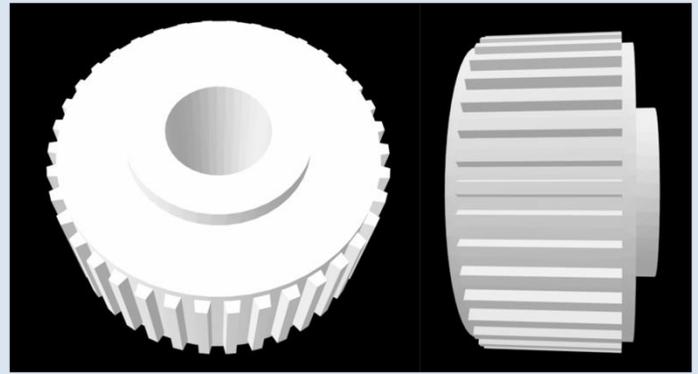


Figura. 72. Esquema 3D de la tuerca de fijación central sin rosca.

A su vez, del cuerpo de fijación lateral (Figuras 73 y 74) también fue convertido a un modelo 3D junto con el modelo 2D de tornillo de fijación lateral (Figuras 75 y 76).

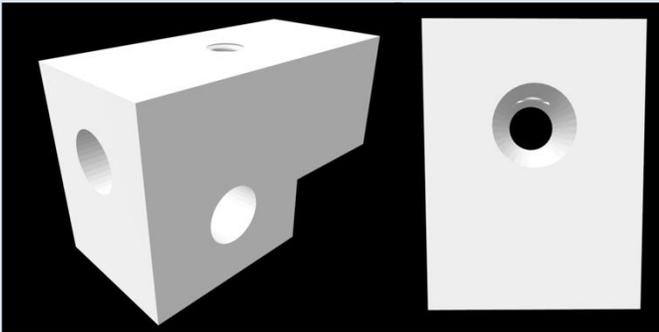


Figura. 73. Esquema 3D del cuerpo de fijación lateral sin rosca.

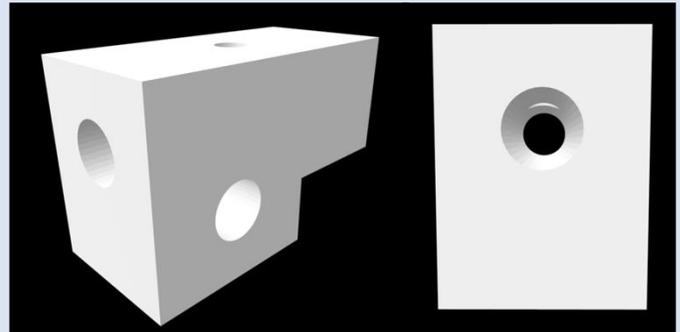


Figura. 74. Esquema 3D del cuerpo de fijación lateral sin rosca.

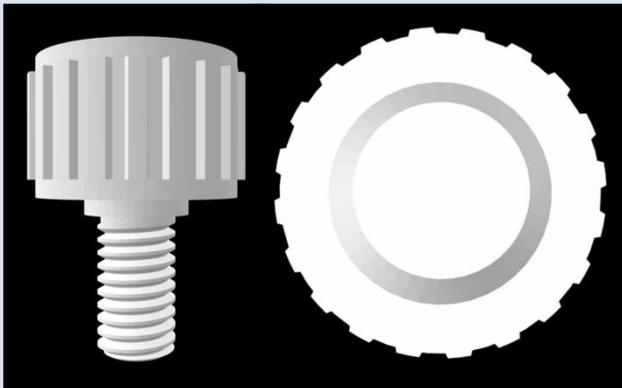


Figura. 75. Esquema 3D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca.

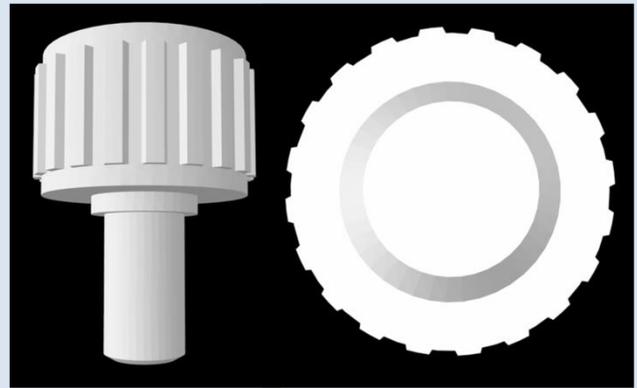


Figura. 76. Esquema 3D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca.

3.1.2.2.2. Varilla Lateral de Fijación a Estilete o Grafito.

Este componente (Figura 77), junto con sus respectivos tornillos de fijación (Figuras 77 y 78); también fueron convertidas a modelos a partir de las dimensiones estipuladas en sus correspondientes planos 2D.

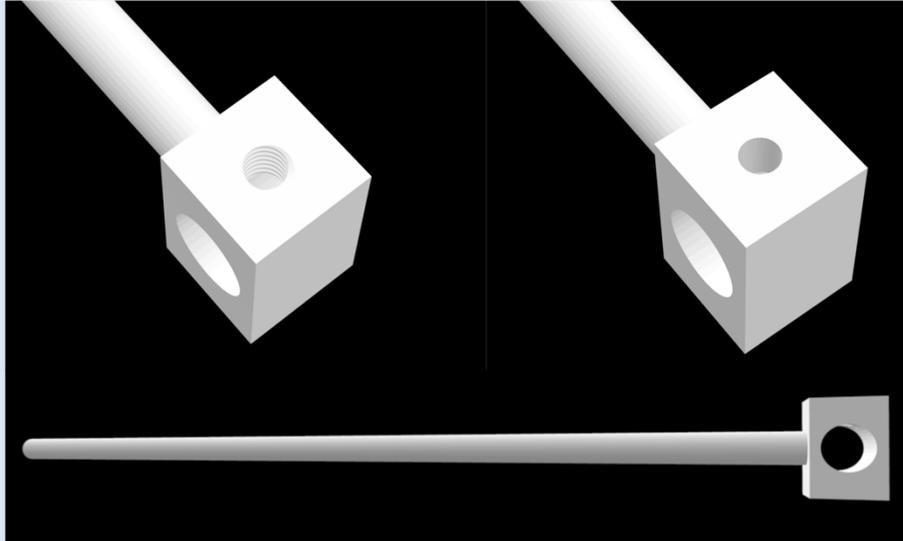


Figura. 77. Esquema 2D de la varilla lateral sin y con rosca.

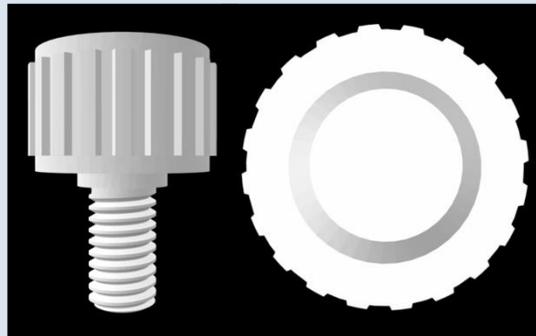


Figura. 78. Esquema 3D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca.

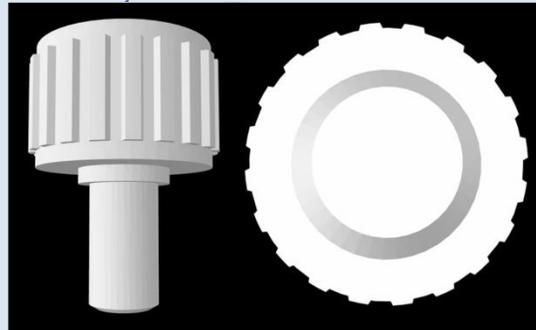
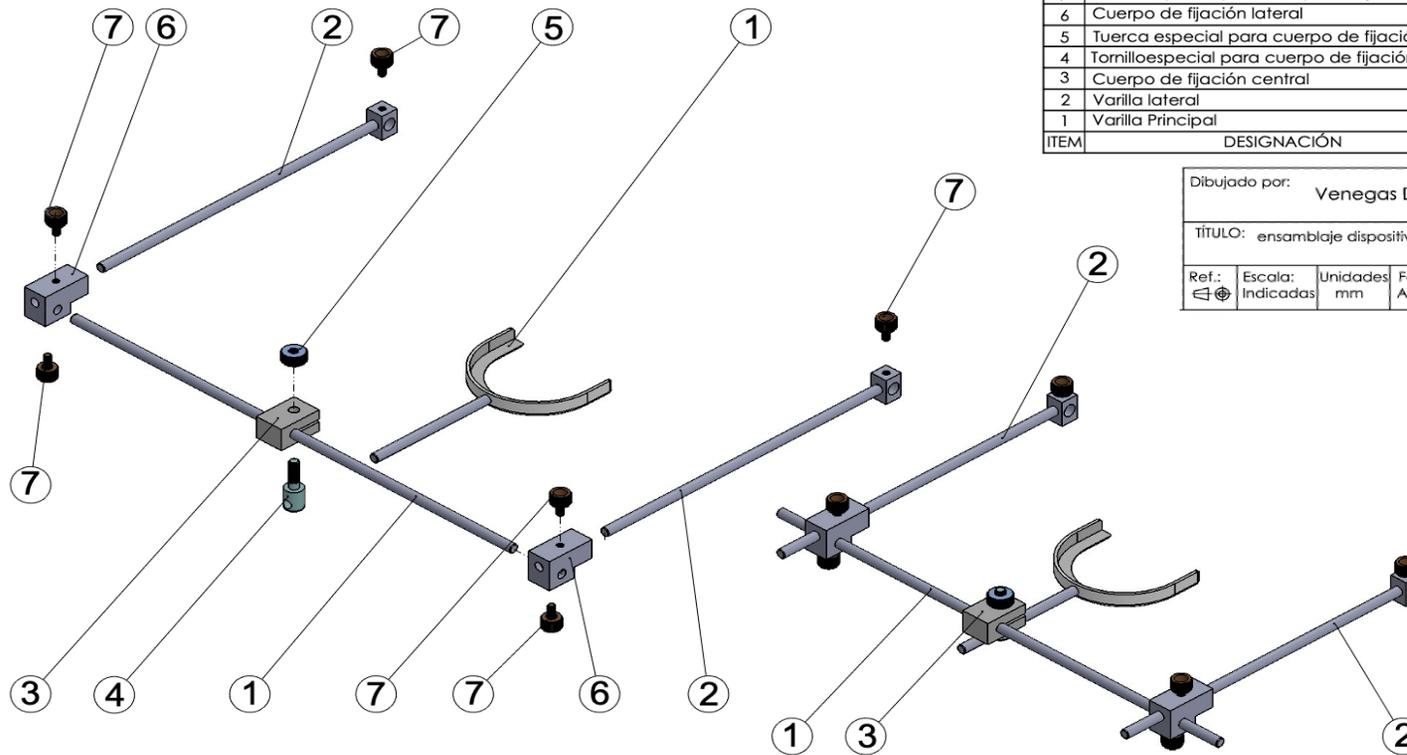


Figura. 79. Esquema 3D del Tornillo de Fijación Lateral con Rosca.

3.1.2.2.3. Ensamble del Componente Móvil del Aparato.



7	Tornillo especial para cuerpo de fijación lateral	Nylon	6
6	Cuerpo de fijación lateral	Nylon	2
5	Tuerca especial para cuerpo de fijación central	Nylon	1
4	Tornillo especial para cuerpo de fijación central	Nylon	1
3	Cuerpo de fijación central	Nylon	1
2	Varilla lateral	Nylon	2
1	Varilla Principal	Nylon	1
ITEM	DESIGNACIÓN	MATERIAL	CANT.

Dibujado por: Venegas D.		PROYECTO: Diseño de Dispositivo dental	
TÍTULO: ensamble dispositivo dental			
Ref.: 	Escala: Indicadas	Unidades: mm	Fecha: Agosto de 2018
CONJUNTO/PARTE N°: DD-C01	TAMAÑO: Carta	PLANO N°: A-001	

Figura. 80. Esquema de las partes del componente móvil del aparato.

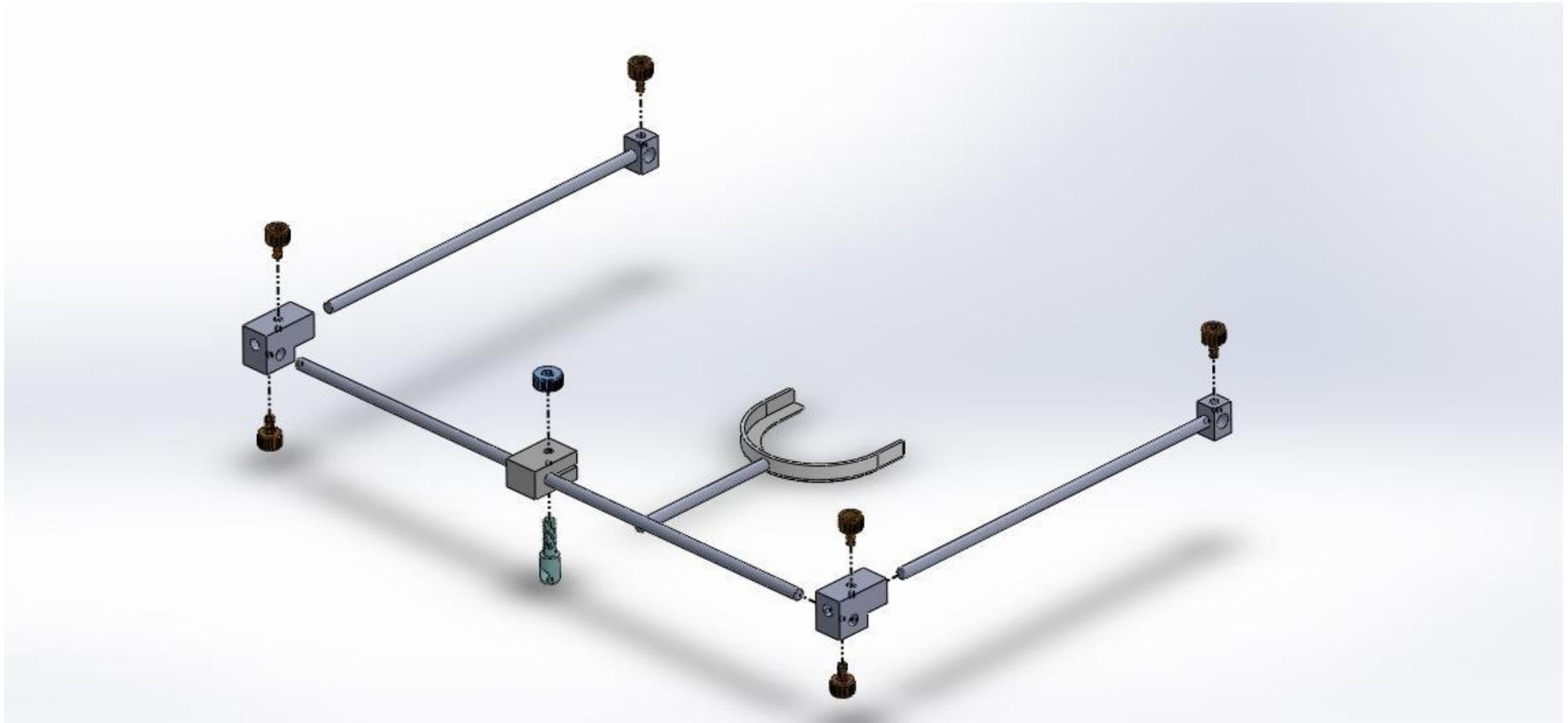


Figura. 81. Esquema demostrativo sobre el ensamble de las partes del componente móvil del aparato.

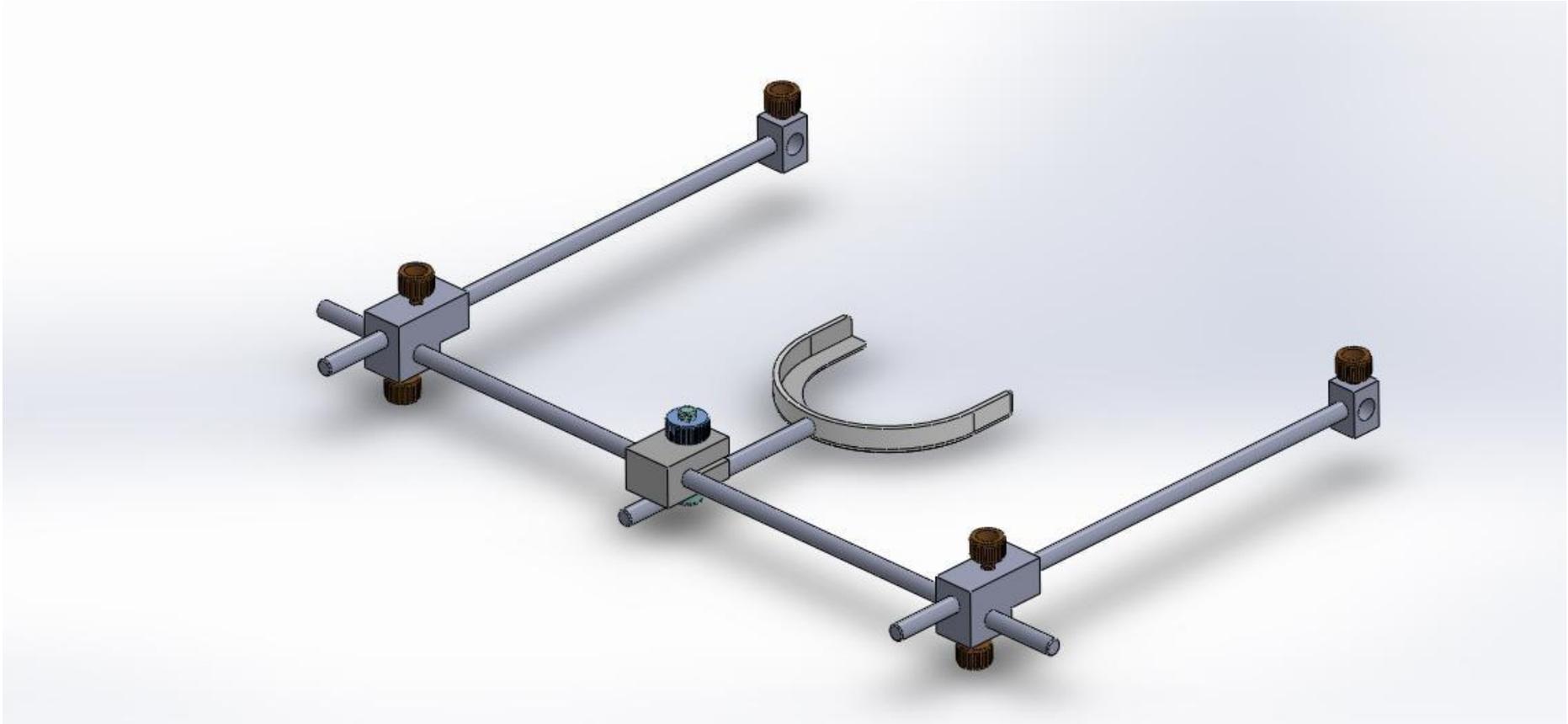


Figura. 82. Esquema demostrativo sobre el aparato armado.

3.2. Diseño del Componente Fijo del Aparato.

3.2.1. Materiales, Instrumental y Equipo.

- Computadora.
- Software de Diseño SolidWorks.
- Cinta de Polipropileno.
- Broche para Correa.
- Papel Hidrográfico (impreso con cuadrícula milimetrada).

3.2.2. Método.

A través del software de diseño digital se realizaron los planos en dos dimensiones de los dos portapapeles del componente fijo del aparato (Figura 83).

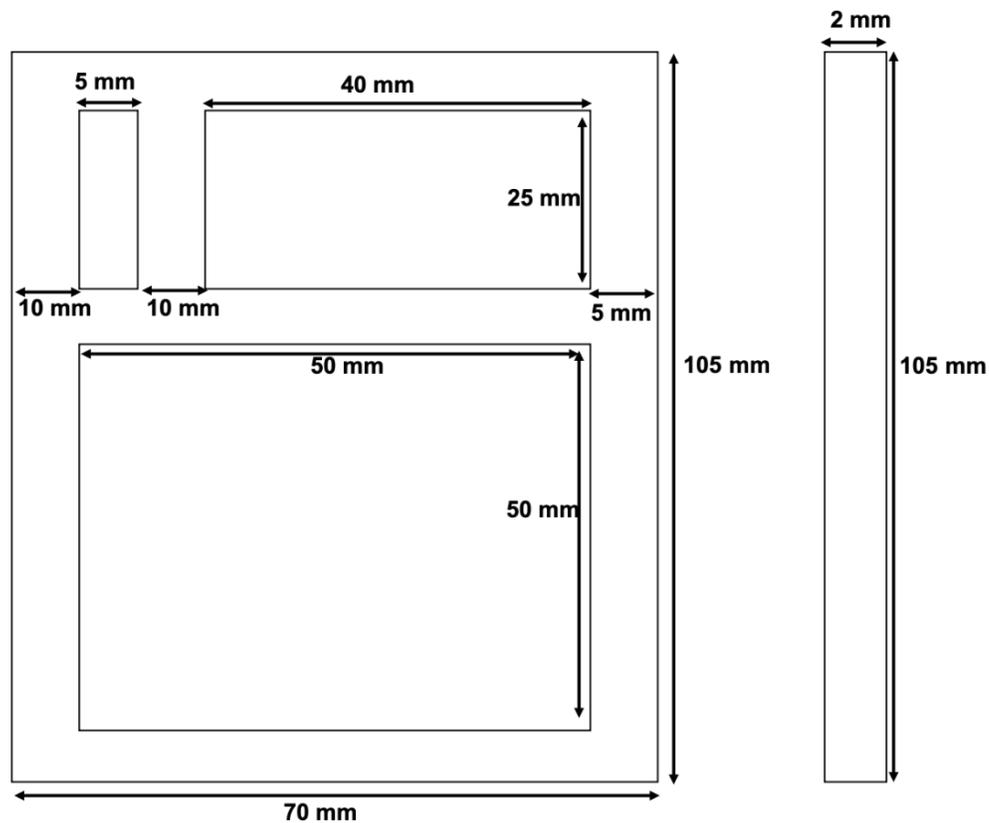


Figura. 83. Esquema 2D del portapapeles del componente fijo del aparato (dimensiones en mm).

Una vez obtenidos los planos 2D, estos fueron convertidos a modelos 3D (Figura 84); para finalmente generar su archivo .STL y así poder obtenerlos a través de impresión 3D en resina de alto impacto o nylon.

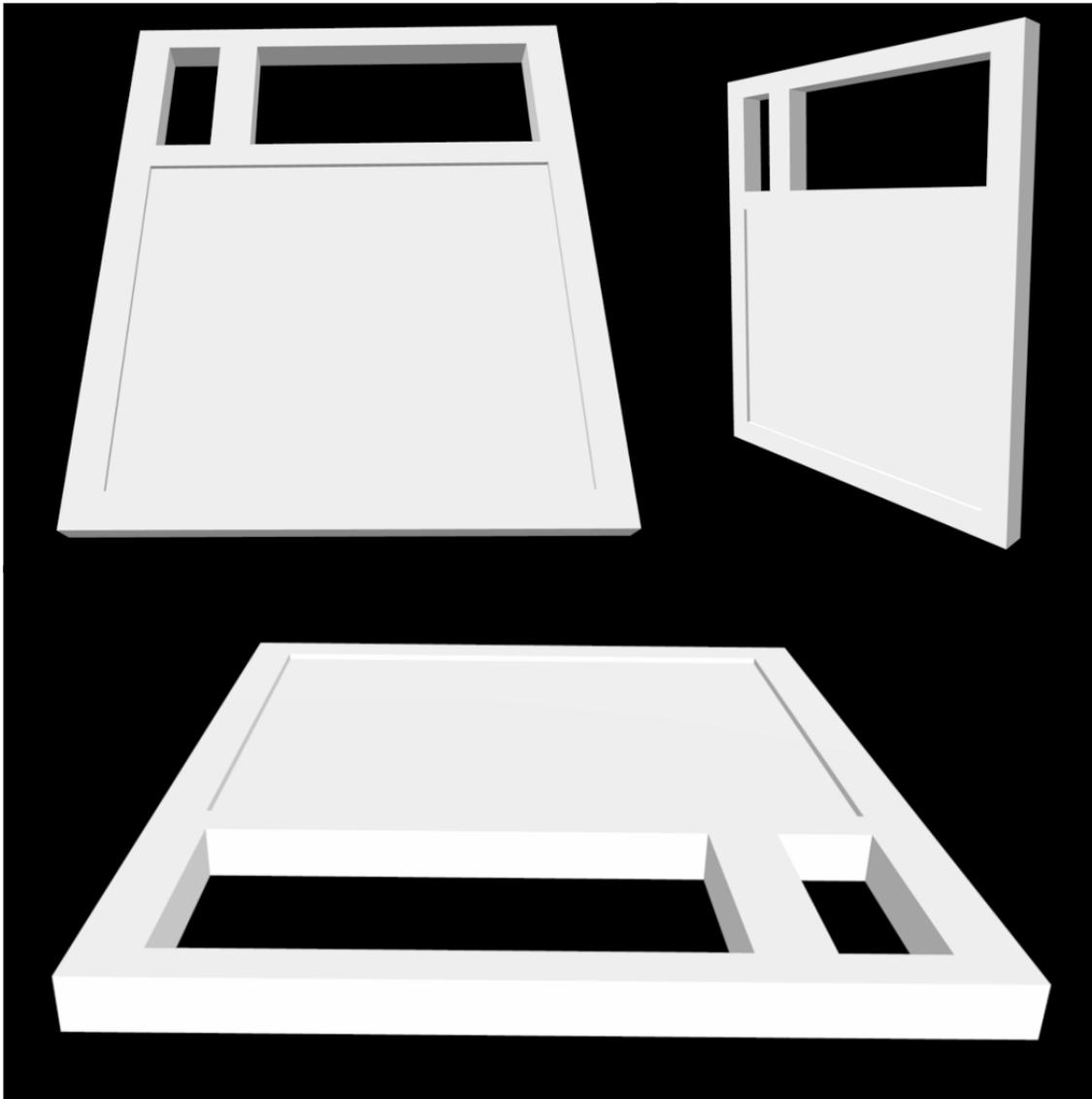


Figura. 84. Esquema 3D del portapapeles del componente fijo del aparato.

Una vez que fueron impresos los portapapeles, a cada uno se le podrá pegar una calcomanía milimetrada (papel hidrogáfico) en la zona predeterminada (Figura 85).

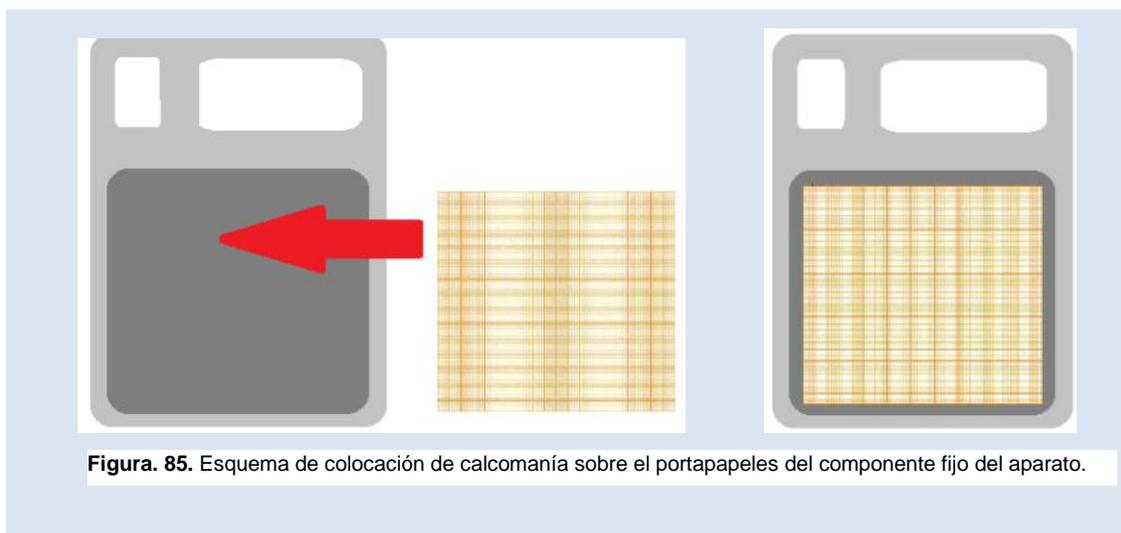


Figura. 85. Esquema de colocación de calcomanía sobre el portapapeles del componente fijo del aparato.

Posteriormente, se debe colocar la correa en los orificios que se encuentran en el soporte de plástico (Figura 86).

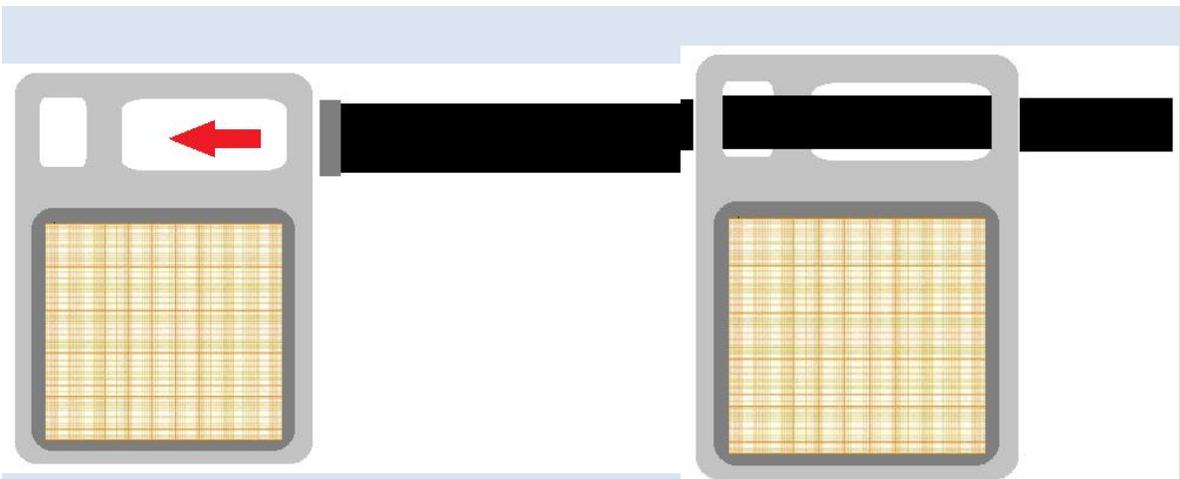


Figura. 86. Esquema sobre la colocación de la correa de polipropileno a través de las ventanas del portapapeles.

Se realizó el mismo procedimiento ya mencionado en los pasos anteriores con el otro soporte de plástico para que se encuentren los dos soportes de plástico colocados en la correa (Figura 87).

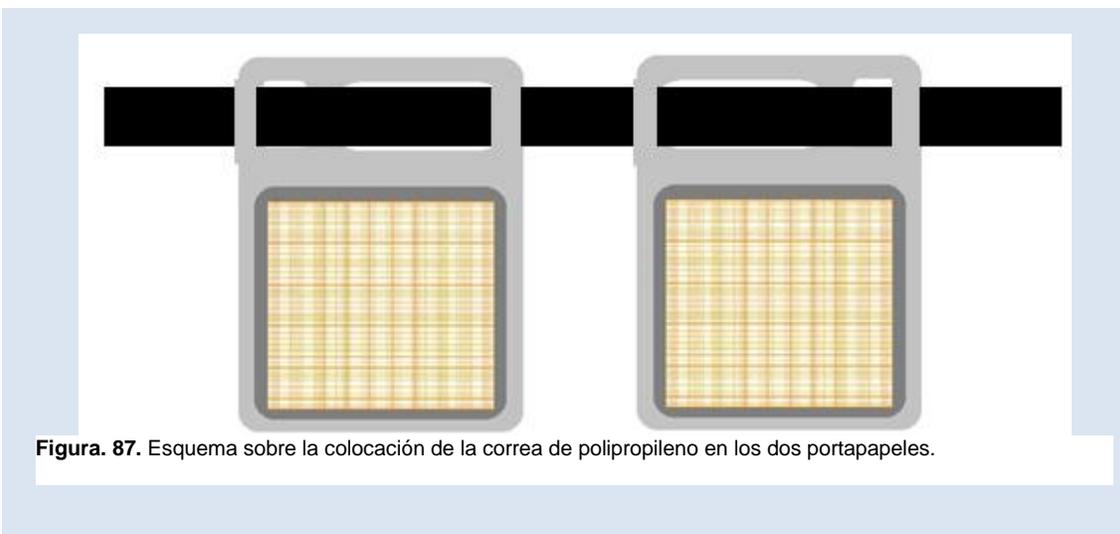


Figura. 87. Esquema sobre la colocación de la correa de polipropileno en los dos portapapeles.

La correa junto con los portapapeles debe rodear la cabeza del paciente a la altura del eje terminal de bisagra (arriba del hueso nasal y por delante de las orejas a la altura del hueso temporal). Para finalmente asegurarla con el broche (Figura 88).

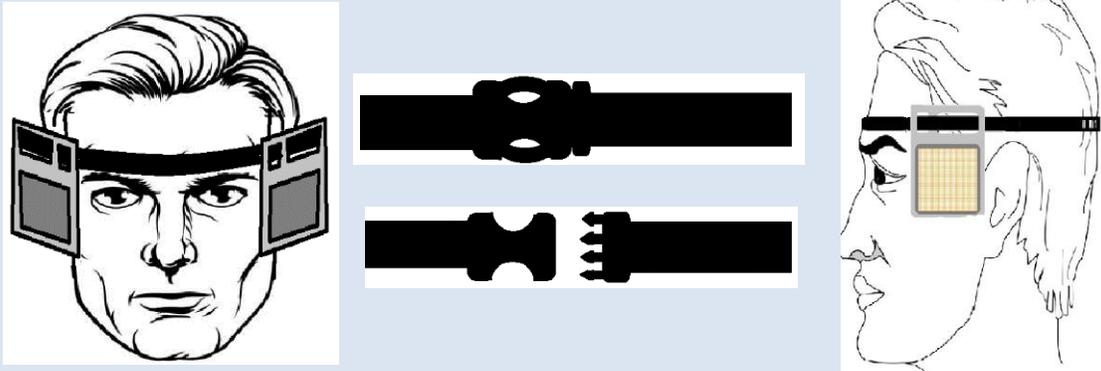


Figura. 88. Esquema sobre la colocación de la correa y portapaples rodeando la cabeza del paciente.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

COSTO DE ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS DEL AXIÓGRAFO CON DIFERENTES MATERIALES PARA IMPRESIÓN EN 3D				
PIEZA	CANTIDAD	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) Precio Unitario	Polietileno Tereftalato Glicol (PETG) Precio Unitario	Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA) Precio Unitario
Tornillo especial para cuerpo de fijación lateral.	6	\$196.30	\$75.93	\$119.53
Cuerpo de fijación lateral.	2	\$192.75	\$80.10	\$129.47
Tuerca especial para cuerpo de fijación.	1	\$208.16	\$87.32	\$135.33
Tornillo especial para cuerpo de fijación central.	1	\$221.37	\$100.89	\$154.89
Cuerpo de fijación central.	1	\$282.84	\$164.22	\$244.73
Varilla lateral.	2	\$687.96	\$447.70	\$666.87
Varilla principal.	1	\$470.68	\$229.14	\$347.54
COSTO TOTAL IMPRESIÓN 3D		\$4,122.27	\$2,092.75	\$3,192.35

COSTO DE ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS DEL AXIÓGRAFO EN TORNO

PIEZA	CANTIDAD	ACERO INOXIDABLE Precio Unitario
Tornillo especial para cuerpo de fijación lateral.	6	\$142.86
Cuerpo de fijación lateral.	2	\$142.86
Tuerca especial para cuerpo de fijación.	1	\$142.86
Tornillo especial para cuerpo de fijación central.	1	\$142.86
Cuerpo de fijación central.	1	\$142.86
Varilla lateral.	2	\$142.86
Varilla principal.	1	\$142.86
COSTO TOTAL POR TORNO		\$2000.04

NOMBRE DEL AXIÓGRAFO	CASA COMERCIAL	TIPO DE AXIOGRAFO	PRECIO EN DLLS/EUROS	PRECIO EN PESOS MEXICANOS
Axiograph III	SAM	Manual	3,728.63€	\$89,473.62
Prosistomr	Proaxis	Óptico	9750.00€	\$234610.97
Hinge Axis Recorder	AD2	Manual	1895.00 dlls	\$38,750.00
Hinge Axis Recorder Deluxe	AD2	Manual	2095 dlls	\$41,631.42
Axipath III recorder	Panadent	Manual	3595.95 dlls	\$71,458.00
Cadiax Compact 2	Whipmix	Electrónico	4200.00 dlls	\$83,461.00

Axioquick recorder	SAM	Ultrasónico	15,800.00 dls	\$313,900.00
---------------------------	-----	-------------	---------------	---------------------

CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN

Los axiógrafos que se encuentran en el mercado tienden a ser muy exactos en sus mediciones gracias a las diferentes tecnologías que se han desarrollado al pasar del tiempo. Pero a pesar de tener años de desarrollo desde el Quick Analyser en 1980, siguen presentado ligeros errores que son inevitables derivados de diferentes factores. Starcke, E. N. (2002).

Uno de los factores que influye en la medición precisa de las angulaciones condilares son la habilidad y experiencia de la persona que está usando el axiógrafo al ser un axiógrafo nuevo será necesario una adecuada estandarización de la técnica necesaria para poder usarlo de la una forma correcta

Otro de los errores recurrentes es la colocación del clutch de fijación, que puede variar entre cada paciente e incluso entre cada muestra tomada, se deberá evitar la movilidad por lo que la fijación debe de ser observada. Este reposicionamiento podrá generar una gran variabilidad entre muestras y así obtener resultados diferentes siendo el mismo individuo, aunque tendrían que ser mínimos y no influir de gran manera. Tamimi, D., & Hatcher, D. (2019).

El uso manual del axiógrafo es una de las grandes dificultades como ya se ha mencionado, la variabilidad que genera entre cada muestra del mismo individuo pero otro de los errores también provocado por dicho motivo es durante la medición de las líneas generadas por el grafito que sostiene el axiógrafo.

Las mediciones de las líneas rectas y las angulaciones serán realizadas con una regla y transportador, una mala colocación de los instrumentos de medición podría provocar pequeñas modificaciones por lo que generaría errores.

Actualmente los axiógrafos computarizados son más precisos en la toma de mediciones ya que son registrados directamente por sensores y guardados en una base de datos que viene integrado en el software del axiógrafo, pero el costo del axiógrafo es demasiado elevado. Haciendo una comparativa y viendo el costo beneficio, los pequeños errores que se mostraron entre el axiógrafo manual y el axiógrafo computarizado no tendrían que ser significativos para que haya una variante que pueda modificar el resultado y justifique la compra entre una u otra más que la comodidad que genera el utilizar un axiógrafo computarizado. Zefati, L., & Mehdi, M. A. (2019).

El costo ya sea del axiógrafo computarizado y el axiógrafo manual son demasiados elevados, fuera del alcance de personal con pocos recursos como algunos estudiantes de la carrera de odontología, pero que buscan tener los mejores resultados en sus tratamientos protésicos. Esto reafirma la importancia de generar herramientas más económicas que ayuden a mejorar el trabajo de prótesis removible y fija.

El axiógrafo diseñado fue basado con mucha semejanza a los axiógrafos encontrados en el mercado, por lo que el mecanismo para su utilización es similar al usado en dichos articuladores. Dos barras laterales que son móviles al igual que una barra frontal que de igual forma es móvil que ayuda al ajuste. Pero al tener algunas diferencias significativas como lo son el soporte que se sujeta en la cabeza que es totalmente diferente a los soportes de los axiógrafos convencionales comerciales, se hace necesaria la creación y estandarización de una técnica para la utilización del axiógrafo, donde se puedan especificar los pasos para su uso, para que el personal clínico que haga uso del axiógrafo no tenga dificultades en su manejo

El diseño de dicha técnica se realizará basado en la resolución de las problemáticas que se encontraron durante su manejo, el orden en la colocación del dispositivo. Zefati, L., & Mehdi, M. A. (2019).

Uno de los factores también importantes es que el dispositivo pueda acercarse a tomar las medidas de la guía condilar idénticas o muy similares a los del paciente, para que pueda realmente pueda usarse como una herramienta diagnóstico y ayudante en los ajustes de los articuladores semiajustables de las guías condilares.

El material de elección es un factor importante a destacar en la fabricación de las piezas para la obtención del axiógrafo derivado de la diversidad de materiales con los cuales se puede realizar. Desde piezas de acero inoxidable fabricadas en torno hasta piezas plásticas en materiales como acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), polietileno tereftalato glicol (PETS) o acrilonitrilo estireno acrilato (ASA). La elección será determinada acorde a las características de cada material.

El acero inoxidable es el más resistente a los agentes físicos externos como rayos UV, temperatura ambiente, agua, resistente a la corrosión, fuerte contra agentes químicos, durabilidad y gran estabilidad. Otra de sus grandes características es la resistencia a las fuerzas de impacto, pero su mayor densidad ocasiona que sea un material pesado y más difícil de producir por el proceso; pero con un costo económico.

Los materiales para impresora 3D tienen características muy similares, pero con algunas particularidades que los hacen diferentes entre sí y en sus usos.

El PETG tiene una gran resistencia al impacto con 65 MPa a comparación de los 35 o 30 del ABS y ASA respectivamente; con un módulo de elasticidad de 2 GPa lo que lo hace más flexible a los 2.4 MPa y 2.5 MPa del ABS Y ASA. Por lo cual lo hace un material ideal para piezas que necesiten mayor resistencia por un estrés sostenido o fricción repentina. Aparte de tener su mayor flexibilidad y un costo

reducido. (Impresión 3D FDM: Comparación de filamentos ASA, PETG y PC, 2020)
Alicia. M (2022, 14 marzo).

El ASA tiene una gran estabilidad a los rayos UV por lo que es un material excelente para objetos que puedan estar en la intemperie o en el exterior.

El ABS tiene una gran dureza, pero lo que más lo caracteriza es su resistencia al calor, comparado a los 80°C y 100 °C del PETG y ASA respectivamente; con una temperatura de glaseado de 105 °C el ABS es el material ideal para utensilios que se requiera usar en altas temperaturas. (PETG vs ABS: How do they compare?, 2021) (Impresión 3D FDM: Comparación de filamentos ASA, PETG y PC, 2020)

Para esto se hace necesario hacer una comparativa sobre los diferentes métodos para poder obtener la guía condilar de los pacientes como pueden ser: mediciones con axiógrafos convencionales, radiografías panorámicas y de atm; tomografías, trazados cefalométricos o tomografía computarizada. Esta comparativa ayudará a realmente validar todo lo plasmado en este trabajo para realizar las mejoras necesarias para que pueda obtener los resultados esperados.

Desgraciadamente la pandemia causada por el virus SARS COV2 (COVID-19) que invadió al mundo ocasionó que las instituciones públicas en México que causaban aglomeraciones no se abrieran por lo que la ENES UNAM al igual que otras muchas instituciones tuvieron que mantener sus instalaciones cerradas lo que imposibilitó el desarrollo de la validación y la obtención de una muestra grande de personas.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIÓN

Los axiógrafos son una herramienta de gran importancia en el área de la odontología, nos permite conocer los movimientos mandibulares con mayor precisión y de esta forma colocar toda la información recolectada en los articuladores totalmente ajustables o semiajustables para tener mayor precisión a la hora de realizar tratamientos protésicos en el paciente.

A pesar de la actualización de los axiógrafos manuales a axiógrafos computarizados y del tiempo que ha transcurrido los costos son inaccesibles para muchos odontólogos o se prefiere invertir en otros artículos o incluso optar por valores promedios.

Programas como Solidwork ha ayudado a diseñar un aparato con el cual podemos registrar la guía condilar de los pacientes y la tecnología de impresoras 3D, la diversidad de materiales hace más accesible la producción de dichos diseños. Gracias a ello permitirá que odontólogos y estudiantes de odontología puedan ser más precisos y que puedan acceder a este tipo de instrumentos de una forma fácil y económica. El diseño del aparato permitirá realizar los mismos movimientos del axiógrafo, sin embargo aún es necesario validar la información.

Hasta el momento el referente de oro para poder obtener la guía condilar en la tomografía computarizada CONE BEAM, que se usa regularmente para obtener la guía condilar de pacientes. Por ello es importante comparar los resultados obtenidos de nuestro axiógrafo con los de dicha tomografía para verificar la exactitud de la angulación y que sea factible para su uso en la clínica cotidiana y generar un beneficio tanto de los pacientes como del clínico.

8. REFERENCIAS

1. ¿Es posible palpar el pterigoideo externo? ¿Puede servir como prueba. (2020).<https://www.fisiocampus.com/>.
<https://www.fisiocampus.com/articulos/es-posible-palpar-el-pterigoideo-externo-puede-servir-como-prueba-diagnostica-su-palpacion>
2. A. (2020). Croquizado en Solidworks. TUTORIAL SOLIDWORKS.
<https://tutorialsolidworks.es/croquizado-en-solidworks/>
3. Acuña Priano, C. (2007). Oclusion.es » Casos Clínicos.
<http://www.oclusion.es/category/casos-linicos/page/12/>
4. lam MK, Basri R, Purmal K, Sikder MA, Saifuddin M, lida J (2012). Determining cephalometric norms for Bangladeshi adult using Bjork-Jarabaks' analysis. Int Med J. (4):329-332.
5. Benedicto Ed, Kairalla SA, Oliveira GM, Junior LR, Rosario HD, Paranhos LR. (2016) Determination of vertical characteristics with different cephalometric measurements. Eur J Dent.116-20.
6. CADISAC. (2019). Curso SolidWorks Piezas y Ensamblaje Leccion 1. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=aS464pYXzTM>
7. Cerda-Peralta, B., Schulz-Rosales, R., López-Garrido, J., & Romo-Ormazabal, F. (2019). Parámetros cefalométricos para determinar biotipo facial en adultos chilenos. Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral, 12(1), 8-11. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072019000100008>
8. Conozca todo sobre el músculo pterigoideo y sus funciones. (2018o). Conozcamos Todas Las Partes De Nuestro Cuerpo. <https://tucuerpohumano.com/c-sistema-muscular/musculo-pterigoideo/>

9. Dmd, J. O. P. (2012). Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion (7th ed.). Mosby.

10. Farhad, N. (2011). Facial Aesthetic Concepts & Clinical Diagnosis (1.^a ed., Vol. 1). Wiley.

11. Forcen Baez, A., Martínez-Lage, J. F., & Ruiz Navas, M. T. (2018). Articuladores: Historia, fundamentos y consideraciones clínicas. REDOE-Revista Europea de Odontostomatología, 2-16. <http://www.redoe.com/print.php?id=117>
12. FUENTES, R.; OTTONE, N. E.; BUCCHI, C. & CANTÍN, M.(2016) Análisis de los términos utilizados en la literatura científica para referirse a la cápsula articular y ligamentos articulares de la articulación temporomandibular. Int. J. Morphol., 34(1):342-350.
13. Gremillion, H. A., & Klasser, G. D. (2017). Temporomandibular Disorders (1a Edición ed., Vol. 1). Springer Publishing.
14. Jain, A. R. (2015). Articulators through the Years Revisited: From 1700 to 1900—Part I. World Journal of Dentistry, 6(4), 222-225. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10015-1347>
15. Júnior, J., & dos Santos Júnior, J. (2007). Occlusion. Van Haren Publishing.
16. L. Engelmeier, R., M. Belles, D., & N. Starcke, E. (2010). The History of Articulators: The Contributions of Rudolph L. Hanau and his Company—Part I. Journal of Prosthodontics, 19(2010), 409-418. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00578.x>
17. Landes C, Walendzik H, Klein C. (2000) Sonography of the temporomandibular joint from 60 examinations and comparison with MRI and axiography. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 28-352.
18. Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. (2018). Latarjet- Ruiz Liard Anatomía Humana (4.^a ed., Vol. 1). Editorial Médica Panamericana

19. Lee, R. L. (1969). Jaw movements engraved in solid plastic for articulator controls. Part II. Transfer apparatus. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 22(5), 513-527. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(69\)90227-3](https://doi.org/10.1016/0022-3913(69)90227-3)
20. M. Belles, D., & N. Starcke, E. (2017). The History of Articulators: The Contributions of Rudolph L. Hanau and His Company-Part II. *American College of Prosthodontist*, 26, 688-690. <https://www.prosthodontics.org/>
21. Madhavan, S., Dhanraj, M., & Jain, A. R. (2019). Methods of recording mandibular movements - A review. *Drug invention today*, 10(7), 1254-1259. <http://jprsolutions.info/>
22. Maldonado Moreno, J. A., Lombard Romero, L., Gutiérrez Camacho, C., Canseco Jiménez, J. F., & Cuairán Ruidíaz, V. (2015). Evaluación de dos técnicas para el registro de relación céntrica mandibular: arco gótico versus céntrica de poder. *Revista Odontológica Mexicana*, 19(1), 15-26. [https://doi.org/10.1016/s1870-199x\(14\)71368-0](https://doi.org/10.1016/s1870-199x(14)71368-0)
23. Mann, N. K., Pasricha, N., Singh, K., & Mann, N. S. (2017). The evolution of articulators – part I. *Stomatoloski glasnik Srbije*, 64(3), 146-156. <https://doi.org/10.1515/sdj-2017-0015>
24. Mann, N. K., Pasricha, N., Singh, K., & Mann, N. S. (2017). The evolution of articulators – part I. *Stomatoloski glasnik Srbije*, 64(3), 146-156. <https://doi.org/10.1515/sdj-2017-0015>
25. Mariaca, P. M. B., Garces, A. P., Trujillo, N. V., Ramirez, A. O., Florez, E. M. C., & Liz, D. M. B. (2010). Manual para la realizacion de historia clínica odontológica del escolar. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://doi.org/10.16925/9789587600520>

26. Martin R, Saller K.(1957) Lehrbuch der Anthropologie , Vols 1 – IV . Stuttgart : Fischer .
27. Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2013). Clinically Oriented Anatomy (7ma edicion ed., Vol. 1). Lippincott Williams & Wilkins.
28. My SolidWorks. (2021). MySolidWorks. <https://my.solidworks.com/>
29. Nelson, S. J. (2015). Wheeler. Anatomía, fisiología y oclusión dental (10 edición ed., Vol. 1). Elsevier Gezondheidszorg.
30. Netter, M. D., & Frank, H. (2015). Netter. Atlas de Anatomía Humana (6a Edicion ed., Vol. 1). Elsevier Gezondheidszorg.
31. Norton, N. S., & Netter, F. H. (2012). Netter : anatomía de cabeza y cuello para odontólogos (2a Edicion ed., Vol. 1). Elsevier Gezondheidszorg.
32. O. (2019). 5. SOLIDWORKS LATAM y España. https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/comunicacion_tecnica/como-anadir-componentes-a-la-toolbox/attachment/5-7/
33. Pessina, E. (1994). Articuladores y arcos faciales en prótesis odontológica y gnatología. En M. Bosco & A. M. Vinci (Eds.), Articuladores y arcos faciales en prótesis odontológica y gnatología: clasificacion de los articuladores (3.^a ed., Vol. 3, pp. 13-18). MASSON S.A.
34. Primaria T.E (2015).Cinématica Mandibular. oclusionyodonto.blogspot.com. <http://occlusionyodonto.blogspot.com/2015/02/cinematica-mandibular.html>

35. Quijano, Y. (2011). Anatomía clínica de la articulación temporomandibular (atm). *Morfología*, 3(4), 23-33.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfologia/article/view/26034/26437>
36. Ricketts RM, (1957) Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth. *The Angle Orthod.* 27(1):14-37.
37. Shillingburg, H. T. (2000). *Fundamentos esenciales en prótesis fija*. Quintessence.
38. Sierra, R. E., & de la Sierra, R. E. (1996). *Diagnóstico práctico de oclusión*. Editorial Médica Panamericana.
39. Starcke, E. N. (2001). The history of articulators: From facebows to the gnathograph, a brief history of early devices developed for recording condylar movement: Part I. *Journal of Prosthodontics*, 10(4), 241-248.
<https://doi.org/10.1053/jpro.2001.29580>
40. Starcke, E. N. (2002). The history of articulators: From facebows to the Gnathograph, a brief history of early devices developed for recording condylar movement: Part II. *Journal of Prosthodontics*, 11(1), 53-62.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2002.00053.x>
41. Tamimi, D., & Hatcher, D. (2019). *Articulación Temporomandibular. Imagenología Especializada* (1.ª ed., Vol. 1). Amolca.
42. *The Glossary of Prosthodontic Terms Seventh Edition* (1999). *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(1), 48-110. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(99\)70234-9](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(99)70234-9)

43. Velarde A.R.(2012). Fisiología de la Articulación Temporomandibular. Revista de Actualización Clínica y Médica. www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682012000800001&lng=es.
44. Zefati, L., & Mehdi, M. A. (2019). Axiographic Plots: Interpretation and Diagnostic Interest. *Archives of Dentistry*, 1(1), 7-12. <https://doi.org/10.33696/dentistry.1.003>
45. Phillip W (2021, 28 mayo) .*PETG vs ABS: How do they compare?* Wevolver. Recuperado 11 de septiembre de 2022, de <https://www.wevolver.com/article/petg-vs-abs-how-do-they-compare->
46. Alicia. M (2022, 14 marzo). *Las características del plástico ASA en la impresión 3D*. 3Dnatives. Recuperado 11 de septiembre de 2022, de <https://www.3dnatives.com/es/caracteristicas-plastico-asa-130820202/>
47. *Impresión 3D FDM: Comparación de filamentos ASA, PETG y PC*. (2020, 1 diciembre). 3D FACTORY MX. Recuperado 11 de septiembre de 2022, de <https://3dfactory.mx/blogs/noticias/impresion-3d-fdm-comparacion-de-filamentos-asa-petg-y-pc>