



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
SUPERIORES  
UNIDAD LEÓN**

**TEMA:**

CREACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ELECTRÓNICA  
INTERACTIVA PARA EL DISEÑO DIGITAL E IMPRESIÓN  
3D DE PRÓTESIS BUCOMAXILOFACIALES.

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

LICENCIADA EN ODONTOLOGÍA

**P R E S E N T A:**

FÁTIMA LIZETT GUADALUPE LIRA LOZA

**TUTOR:**

MTRO. ROGELIO DANOVAN VENEGAS LANCÓN

**ASESORAS:**

MTRA. EDNA PAMELA VILCHIS VALADEZ

ESP. LILIANA SALOMÉ DÍAZ

**LEÓN, GUANAJUATO, MÉXICO, 2024.**



**ENES UNAM**  
UNIDAD LEÓN



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.

Este proyecto DGAPA con clave PE 205323 fue realizado gracias a la beca PAPIME otorgada por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## DEDICATORIA

---

*Con todo mi amor y dedicación para mi mami, mi papi y  
mis hermanos; por su amor incondicional, su entrega,  
su esfuerzo y por no dejarme sola; lo logramos.*

*Para mi chicle y confidente silencioso de cuatro patitas,  
Lucky; verte mover tu colita me da mil años de vida.*

*Nada de esto habría sido posible sin ustedes.*

*Los amo siempre <3*

## AGRADECIMIENTOS

---

A *Dios*, por darme siempre un día más y no abandonarme nunca.

Honor a quien honor merece:

A mi mami *Jacqueline Loza* y mi papi *Ricardo Lira*, por siempre creer en mí y brindarme todos los medios necesarios para concluir esta etapa, por su amor incondicional y su entrega. Por enseñarme a no rendirme y valorar el esfuerzo, por siempre guiarme. Son las personas con más fortaleza que conozco. Este logro también es suyo, dúrenme toda la vida.

A mis hermanos *Erick Lira* y *Richie Lira*, por ayudarme inconscientemente a despejar la mente cada vez que lo necesitaba, por darme la mano de mil maneras y por las discusiones que me ayudaron a forjar más mi carácter \*risa\*. Son un ejemplo de esfuerzo, decisión y superación. Siempre juntos, manis.

A mi abue *Ignacio Lira*, hasta el cielo, por cada vez que me preguntaba “¿Cómo te fue?”, por su apoyo, su cariño y sus historias. Porque, aunque ya no está, su influencia y amor sigue y seguirá siempre presente.

A mi compañero fiel de cuatro patitas *Lucky*, por ser mi confidente silencioso y estar a mi lado siempre, sobre todo cuando más necesitaba tu amor, cuando las ideas no fluían y las ganas de renunciar aparecían. Siempre vas a estar en mi corazón.

A mis amigos, *Adrián Murguía*, *Clari Salazar*, *Dani Lozano*, *Denisse Parada*, *Leo Cimental*, *Leo Medrano* y *Ulises Arbaiza*, por todas sus enseñanzas tanto en lo académico como en lo personal. Por hacer más ameno mi paso por la universidad con sus risas, sus consejos, su apoyo, su confianza. Por las salidas, comidas, reuniones y sueños. Y por secarme una que otra lágrima. Me llevo su amistad conmigo siempre. Les deseo todo lo bonito y todo el éxito que merecen, van a llegar muy lejos. Son unos maestros en lo que hacen.

A mis compañeros y amigos del servicio social *Mario Rodríguez* y *Johanna de Julián*, por enseñarme tanto de Prótesis, por sus consejos, su comprensión, apoyo y amistad. Hicieron mi año de servicio una etapa maravillosa en todos los aspectos.

A mi amigo de siempre, *Emmanuel Zamudio* por sacarme del mundo odontológico de vez en cuando. Pero sobre todo por tu amistad incondicional, por escucharme cuando más lo necesitaba y ayudarme a ver las cosas desde otra perspectiva.

A *Fernando Ramírez*, por haber formado parte importante en mi etapa de licenciatura. Por estar cuando nadie estuvo y por todo el apoyo que me brindaste para lograr cada meta que tenía. Que la vida te llene de bendiciones.

A mi tutor el Mtro. Danovan Venegas, por su paciencia, su confianza y su dedicación en cada proyecto. Por sus enseñanzas profesionales y académicas; por considerarme para este trabajo. Por mostrarme su calidad humana, por las horas de pláticas y consejos, por su amistad y por enseñarme a soñar en grande.

A mis profesores de licenciatura, por compartir su conocimiento y experiencias clínicas y personales. A mis asesoras de tesis la *Mtra. Edna Vilchis*, la *Esp. Liliana Salomé* y a mis sinodales, la *Esp. Trilce Virgilio*, la *Dra. Laura Acosta*, la *T.S.U Carolina Díaz* y el *Esp. Juan Mares*, por el tiempo invertido en leer, revisar mi trabajo y por sus aportaciones, son grandes profesionales. A la *T.S.U. Caro Díaz* por su paciencia en mi paso por el laboratorio, por compartir sus tips y conocimientos y por las risas que ayudaban a distraernos del día.

A la *beca PAPIME* por hacer posible el desarrollo de este proyecto. Y a las becas recibidas por parte de Fundación UNAM durante toda mi licenciatura para apoyarme a concluir mis estudios.

Al *Laboratorio de Prótesis Bucal de la ENES León*, por haberse convertido en mi lugar seguro, donde viví momentos de felicidad, tristeza, enojo, estrés y emoción en mi 4to año y mi año de servicio social. Siempre será bueno regresar.

A la *Universidad Nacional Autónoma de México*, por permitirme pertenecer a la máxima casa de estudios y que por 20 centavos anuales me regaló 5 años increíbles. A la *Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León*, por ser mi segunda casa y dejarme convertir en *Lizzinciada en odontología*.

A *ti* que estás leyendo esto, la salud emocional es primero. A veces perdemos nuestro lugar en el mundo y es necesario una pausa de todo para volver a encontrarnos a nosotros mismos. Tu potencial es infinito, solo está limitado por tus pensamientos.

And last, but not least I want to thank *me, Lissy*. Por haber encontrado el rumbo perdido de esa montaña rusa. Por dejarte vivir experiencias extraordinarias, por aprovechar todas las oportunidades que se te ofrecieron y crear algunas otras, por tu dedicación, por tu constancia, por tu resiliencia, por los aprendizajes y crecimientos académicos, profesionales y personales.

Especialmente para esa *Lissy del pasado* con depresión: gracias por no darte por vencida, lo logramos. Y no te preocupes, you're going to figure it out, just like you always have; so, breathe and believe. Y como dice Harry Styles "We'll be alright".

Todo pasa por y para algo.

Por mi raza hablará el espíritu.

Lizett Lira <3

## Contenido

Resumen.....	8
Introducción.....	9
Marco Teórico.....	11
Prótesis Maxilofacial - Generalidades .....	11
Historia de la Prótesis Maxilofacial .....	12
Defectos maxilofaciales .....	12
Etiología de la pérdida o ausencia de la estructura facial.....	12
Clasificaciones de los defectos faciales según Kan-Ichi-Seto .....	16
Regiones faciales para el estudio de defectos faciales .....	17
Clasificaciones de los defectos según su región facial .....	19
Tipos de prótesis maxilofaciales y su clasificación .....	22
Prótesis ocular .....	23
Etiología de la pérdida o ausencia del globo ocular .....	24
Clasificación de los defectos oculares .....	24
Conformadores oculares .....	27
Clasificación de la prótesis ocular.....	27
Prótesis auricular .....	28
Etiología de los defectos auriculares .....	29
Clasificación de los defectos auriculares .....	29
Concepto de prótesis auricular .....	30
Prótesis nasal .....	30
Etiología de los defectos nasales .....	31
Clasificación de los defectos nasales.....	31
Concepto y clasificación de prótesis nasal .....	31
Prótesis orbitofacial .....	33
Etiología de los defectos orbitarios.....	33
Clasificación de los defectos orbitarios .....	33
Concepto y clasificación de prótesis orbitofacial.....	34
Tecnología digital en odontología.....	35
Flujo digital.....	35
Fase de escaneado/digitalización .....	35
Fase de diseño digital (CAD, Computer-Aid Design) .....	37
Fase de Fabricación/Materialización .....	37
Estereolitografía y procesamiento digital de luz .....	38

Antecedentes .....	39
Planteamiento del problema .....	45
Justificación .....	47
Objetivo general .....	49
Objetivos específicos.....	49
Hipótesis.....	49
Materiales y métodos.....	51
Desarrollo del manual de diseño digital para prótesis bucomaxilofaciales .....	51
Materiales .....	51
Método.....	51
Manual de diseño digital. Prótesis Bucomaxilofacial.....	52
Discusión .....	80
Conclusión.....	84
Referencias .....	86

## Resumen

---

**Introducción:** Las prótesis bucomaxilofaciales son empleadas en la rehabilitación de pacientes con pérdida de estructuras craneofaciales; ya sea debido a defectos de origen congénito o adquiridas. Se estima que anualmente se tratan 400,000 casos civiles de fracturas faciales en los Estados Unidos; se producen de uno a cinco millones de quemaduras en cabeza y cuello en todo el mundo; y se diagnostican 850,000 nuevos casos de cáncer de cabeza y cuello globalmente hablando. En los últimos años, el uso de prótesis maxilofaciales se ha vuelto estéticamente aceptable gracias a los sistemas de pigmentación. Es necesario conocer las propiedades de la piel, del rostro y de los materiales protésicos para obtener un resultado favorable, sin embargo, este procedimiento depende del contexto de cada región, y dominar estas técnicas de rehabilitación requiere una curva elevada de aprendizaje. Por este motivo, se ha recurrido al uso de tecnologías digitales para simplificar los métodos de rehabilitación tradicionales caracterizados por ser extensos, intensos y laboriosos.

**Objetivo:** Crear una herramienta electrónica interactiva derivada del flujo de trabajo digital para el diseño digital e impresión 3D de prótesis bucomaxilofaciales basada en dos software de diseño.

**Método:** Se elaboró un manual que describe la migración de lo analógico a lo digital de la creación de prótesis bucomaxilofaciales con el uso de dos programas de computadora.

**Resultados:** Herramienta electrónica interactiva para el diseño digital e impresión 3D de prótesis bucomaxilofaciales con la descripción del paso a paso.

**Conclusiones:** La implementación de la tecnología digital en el área de Prótesis Maxilofacial moderniza las prácticas clínicas y posibilita un flujo de trabajo con un diseño y fabricación más rápido y eficaz, lo que resulta en un procedimiento mínimamente invasivo reduciendo así los tiempos clínicos y técnicos, beneficiando tanto a pacientes como al operador en cuestión.

**Palabras clave:** flujo de trabajo, prótesis maxilofacial, manual digital, CAD, CAM.

## Introducción

---

Las prótesis bucomaxilofaciales son dispositivos artificiales diseñados para la rehabilitación de pacientes con algún defecto facial, ya sea congénito (de nacimiento) o adquirido (debido a traumatismos o enfermedades malignas). Se estima que anualmente se tratan 400,000 casos civiles de fracturas faciales; a nivel mundial se producen de uno a cinco millones de quemaduras en cabeza y cuello y se diagnostican 850,000 nuevos casos de cáncer de cabeza y cuello.<sup>(1)</sup>

El objetivo principal de los tratamientos protésico-maxilofaciales es mejorar la calidad de vida del paciente.<sup>(2)</sup> Ya que la combinación de los resultados de una deformidad facial estética, funcional y psicosocial puede derivar en efectos devastadores en los portadores.<sup>(3)</sup> Por consiguiente, es fundamental tener en cuenta el propósito de rehabilitar a los pacientes de una manera funcional y estética.<sup>(4)</sup> Por otro lado, las recientes mejoras en los sistemas de pigmentación de las prótesis maxilofaciales han contribuido a una mejor aceptación estética de los portadores de éstas. Los tonos de piel del rostro personalizados en el consultorio producen una prótesis con aspecto natural en el momento de la entrega. Sin embargo, los polímeros utilizados para construir estas prótesis se basan en poli (dimetilsiloxanos) o poliuretanos rellenos que producen prótesis con una alta rigidez a la tracción y con bajas propiedades de amortiguación. Como resultado, se ha reportado cierta insatisfacción de los pacientes en cuanto a la comodidad y la portabilidad, junto con la longevidad, la función y la decoloración. Por lo que debido a estas inconformidades se ha documentado que hasta el 12 % de los pacientes no usarán sus prótesis.<sup>(3)</sup>

En la historia de la prótesis maxilofacial se han realizado investigaciones con el fin de mejorar los materiales, métodos y técnicas de carácter artesanal, ya que el proceso de fabricación analógico comienza con la obtención de un modelo de yeso dental del defecto facial, con el cual se fabrica una escultura de un material termoplástico que imita la anatomía perdida, creando de esta manera un duplicado de esta escultura en donde se coloca silicona de grado médico caracterizado con el fin de replicar el color de la piel. Las curvas de aprendizaje para realizar dichas técnicas son elevadas, por lo que se ha recurrido a la implementación de tecnologías digitales para innovar, simplificar y mejorar los métodos análogos arcaicos.<sup>(4)</sup> Para eliminar estas desventajas y reducir potencialmente el tiempo clínico y de trabajo que conlleva la fabricación de una prótesis maxilofacial, se requiere una alternativa a los métodos tradicionales. Esto nos lleva a la implementación de la innovación tecnológica; en donde el moderno diseño asistido por computadora (CAD), el escaneo de pacientes y la impresión 3D (CAM) están preparados para transformar la manera en la que se diseñan y fabrican los dispositivos protésicos, reemplazando así los enfoques manuales más tradicionales.<sup>(5)</sup>

La finalidad del presente trabajo es el desarrollo de un manual electrónico interactivo sobre la fabricación de prótesis bucomaxilofaciales mediante el diseño digital e impresión 3D con la descripción del paso a paso a través de una herramienta de flujo de trabajo digital basado en dos programas de computadora.



# Capítulo

*Capítulo*

### Prótesis Maxilofacial - Generalidades

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha sido perceptivo en cuanto a las sensaciones y sentimientos reflejados en el rostro de acuerdo con las expresiones faciales y en conjunto a su integridad morfológica. Por lo que podemos pensar, que desde entonces se requerían y utilizaban prótesis maxilofaciales, principalmente con un enfoque estético; debido a esto la literatura nos narra los primeros hechos con relación a la prótesis maxilofacial en la civilización egipcia (2613-2494 a.n.e) con el hallazgo de momias con narices, orejas y ojos reemplazados por piedras y mosaicos, probablemente con el único fin de estética colocadas post mortem.<sup>(6)</sup>

La prótesis maxilofacial es una rama de la odontología; ésta se puede definir como la ciencia y arte dedicada a la rehabilitación funcional y estética de las estructuras estomatológicas, faciales y craneales por medios artificiales, siendo una opción adicional y/o reemplazo a la cirugía quirúrgica restauradora, con el principal objetivo de brindar una adecuada calidad de vida a las personas afectadas.<sup>(7)</sup>

El glosario de términos prostodónticos define a la prótesis maxilofacial como la rama de la prostodoncia que se encarga de la restauración y/o reemplazo del sistema estomatognático y las estructuras faciales mediante prótesis que pueden ser o no removidas regularmente.<sup>(8)</sup>

En cuanto al tratamiento de la rehabilitación protésica maxilofacial, como se menciona, este debe restaurar y/o sustituir las estructuras de la cavidad oral y craneofaciales, intraorales y extraorales, con prótesis personalizadas de grado médico pudiendo ser fijas o removibles de manera regular o selectiva, utilizadas justamente para restaurar la parte funcional, cognitiva y estética de los defectos y generar un impacto positivo en las actividades de la vida diaria del paciente. Estas prótesis son generalmente usadas por pacientes que han sufrido algún tipo de neoplasia o cáncer (52 %), deformidades debido a accidentes (17 %) y/o debido a alguna enfermedad congénita (19 %), entre otras.<sup>(9)(4)</sup>

Por otro lado, respecto a datos epidemiológicos de pacientes con defectos bucomaxilofaciales, se han realizado investigaciones analizando variables como la edad, el género, el color de piel, el origen y la localización del defecto. En cuanto a la variable de género, algunos autores mencionan que el género masculino predomina en un 60 - 75 % de la población estudiada, mientras que otros encuentran mayor incidencia en el género femenino, siendo esto algo inconcluso. Asimismo, se menciona en la literatura que la mayoría de los pacientes son de tez blanca, haciendo referencia al incremento de casos de lesiones de origen oncológico en estas personas. Por otro lado, respecto a las lesiones de origen oncológico, en México para el año de 2012 se reportaron 2,791 casos relacionados a cáncer de boca y orofaringe.<sup>(10),(11)</sup>

## Historia de la Prótesis Maxilofacial

El concepto de rehabilitar defectos maxilofaciales con el uso de prótesis se remonta a épocas de la antigüedad desde el inicio de las civilizaciones egipcias 3.200 años a.C. Más adelante la literatura hace referencia a los romanos donde se menciona la sustitución de los ojos como una alternativa para rehabilitación simplemente estética.<sup>(12)</sup>

Con base en los antecedentes históricos de la prótesis maxilofacial no existe un hecho histórico exacto del inicio de la rehabilitación protésica bucomaxilofacial. La literatura menciona que Pierre Fauchard (1678-1761) estableció la odontología como una profesión médica, publicó su libro “Le Chirurgien Dentiste; ou Traité des Dents” dedicando dos capítulos al manejo de defectos maxilares y a la fabricación de obturadores, a su vez fue uno de los personajes más relevantes del inicio del trabajo protésico facial que contribuyó con aportaciones de gran valor, por ejemplo, confeccionó una máscara de plata para reemplazar una porción del hueso mandibular faltante de un soldado francés tras una batalla del ejército de su país. Otro acontecimiento importante que certifica los inicios de la prótesis maxilofacial se hace presente en el siglo XVI, donde Ambroise Paré (1510-1590) que es considerado el padre de la prótesis maxilofacial confeccionó una prótesis nasal usando oro, plata y papel. Posteriormente, en 1889 Claude Martín descubrió la utilidad y las ventajas de la cerámica como un material que podría utilizarse para la elaboración de las prótesis nasales.<sup>(7),(13)</sup>

## Defectos maxilofaciales

### Etiología de la pérdida o ausencia de la estructura facial

El conocimiento de la causa u origen de la pérdida o ausencia de estructuras maxilofaciales es un factor que considerar dentro de una rehabilitación facial protésica, puesto que brindan al protesista maxilofacial la información necesaria para establecer las características y complejidades del tratamiento. Ante ello, se sugieren diversas clasificaciones con respecto a la etiología de la pérdida o ausencia de las estructuras faciales que intervienen para realizar una evaluación adecuada del paciente y brindar la mejor opción de tratamiento, por lo que se sugiere clasificar los defectos maxilofaciales en dos grandes grupos: defectos congénitos y defectos adquiridos.<sup>(12)</sup>

#### A. Defectos congénitos

Son las alteraciones presentes en un individuo desde su nacimiento que produce deficiencias estructurales faciales; generalmente son producidas por una alteración en el desarrollo fetal y están asociadas a trastornos genéticos. Dentro de este grupo el comité de Nomenclatura y

Clasificación de las Anomalías Craneofaciales propone una clasificación amplia subdividida en cinco categorías que abarcan:<sup>(14)</sup>

### 1. Fisuras faciales, Encefalocelos y Disostosis:<sup>(14)</sup>

- **Fisuras faciales.** Son las anomalías faciales más frecuentes, consideradas como hendiduras o defectos que comprometen tejidos blandos y óseos; la más común es la fisura labio palatina siendo el 75 % de las malformaciones faciales mayores y el 80 % de todas las fisuras orofaciales.
- **Encefalocelo.** Parte del grupo de defectos en el cierre del tubo neural; cuando se producen estos defectos, afectan al cerebro dando lugar a anencefalia y encefalocelo. Es el defecto abierto del tubo neural menos frecuente; en países como México, países de origen celta y algunos países de origen asiático como Indonesia, Tailandia y Malasia se presenta una frecuencia de 1 por cada 5,000 nacidos vivos.
- **Disostosis.** Son trastornos caracterizados por una osificación defectuosa principalmente por la osificación normal de los cartílagos fetales. Entre ellos encontramos:
  - **Microsomía hemifacial.** Es un trastorno en el que el tejido de la cara no está desarrollado completamente, afecta las zonas auditivas, oral y mandibular.
  - **Síndrome de Goldenhar.** También conocido como síndrome del primer y segundo arco branquial o espectro óculo-aurículo-vertebral, es una malformación bilateral de anomalías craneofaciales y vertebrales; incluyen hallazgos facioauriculoventriculares, microtia, hipoplasia mandibular o malformaciones vertebrales congénitas.
  - **Síndrome de treacher collins.** Conocido como disostosis mandibulofacial. Es una anomalía simétrica y bilateral.
  - **Síndrome de nager.** Es un trastorno poco frecuente; que abarca defectos faciales, defectos en miembros superiores e inferiores e incluso algunas anomalías internas del riñón o estómago y problemas cardíacos congénitos.
  - **Síndrome de binder.** Es caracterizado por presentar hipoplasia narizmaxilar, ángulo naso-frontal plano, senos frontales hipoplásicos, ausencia de espina nasal anterior, columela corta y ángulo nasolabial agudo.
  - **Secuencia de Pierre Robin.** Caracterizado por la triada micrognatia, glosoptosis y obstrucción respiratoria dada por hipoplasia mandibular que provoca la retroposición lingual.

## 2. Atrofia / Hipoplasia

- **Síndrome de Parry Romberg.** Se presenta atrofia hemifacial; este síndrome comienza en la región paramedial de la cara con atrofia de los tejidos subcutáneos grasos.
- **Atrofia craneofacial secundaria de radiación.** La radioterapia empleada en tumores craneofaciales conduce a la hipoplasia y falta de crecimiento de los huesos faciales y sus tejidos blandos.

## 3. Neoplasias / Hiperplasias

- **Displasia fibrosa ósea.** Se trata de una condición fibroósea benigna caracterizada por la sustitución del hueso normal debido a una proliferación excesiva de tejido conectivo fibroso resultando en la formación de estructuras óseas anómalas.<sup>(15)</sup>
- **Neurofibromatosis.** Constituyen un conjunto de enfermedades genéticas multisistémicas hereditarias que afectan la piel, el sistema nervioso, los ojos, los huesos y el sistema endocrino. Se caracterizan por la presencia de diversos hematomas, tumores malignos y anomalías congénitas en un amplio espectro.<sup>(16)</sup>

## 4. Craneosinostosis

Es conocida por el cierre precoz de una o más suturas craneales, que produce un crecimiento y desarrollo anormal del cráneo. Entre las explicaciones ante este cierre se encuentra el defecto primario de la bóveda, intrauterino, defecto primario de la base, alteración primaria del mesénquima o hereditaria; Los autores David y Poswillo las dividen en:<sup>(14)</sup>

- **No sindrómicas o simples.** Se incluyen la escafocefalia, trigonocefalia, plagiocefalia, oxicefalia y braquicefalia.<sup>(14)</sup>
  - Escafocefalia: Afecta la sutura sagital dando como resultado una cabeza alargada en sentido anteroposterior y representa casi el 50% de las craneosinostosis.
  - Trigonocefalia: Deriva de la alteración de la sutura frontal, caracterizada por una frente estrecha y prominente con una línea media de forma triangular, presenta hipotelorismo.
  - Braquicefalea: Afección de la sutura coronal, abarca el componente fronto-temporal el cual mostrará una apariencia de cráneo corto y ancho y el componente etmoido-esfenoidal donde resulta una hipoplasia del tercio medio facial.
  - Plagiocefalea: Se limita a la afección de solo un componente de la sutura coronal, en este la deformidad es asimétrica y se observará un aplanamiento del lado afectado e hipoplasia de la órbita.
  - Oxicefalia: Involucra a todas las suturas craneales con un cierre precoz de éstas, presentándose un cráneo pequeño pero armonioso.

- Mixtas o complejas: Es cuando se involucran dos o más suturas craneales; por ejemplo, la Turricefalia se presenta ante el cierre de la sutura coronal con un crecimiento hacia arriba del cráneo y la acrocefalia donde su crecimiento es esférico.
- **Sindromáticas o complejas.** Se llaman así porque se acompañan de otras alteraciones, donde los más frecuentes son:<sup>(14)</sup>
  - Enfermedad de Crouzon: Hay presencia de braquicefalia, hipoplasia maxilar, labio superior corto e inferior saliente, nariz en gancho, exoftalmia, estrabismo divergente e hipertelorismo.
  - Síndrome de Apert: Conocido como acrocefalosindactilia, manifiesta braquicefalia asociada a sindactilia de los pies y manos, atresia de coanas, estrabismo, megalocórnea e hipoplasia orbitaria.

## 5. Inclasificables.

A menudo, la gran diversidad de defectos craneofaciales los vuelve difíciles de clasificar, esto pudiendo ser debido a la falta de comprensión sobre cómo se desarrollan embriológicamente y qué factores los desencadenan.<sup>(14)</sup>

### **B. Defectos adquiridos.**

Como su nombre lo dice, son alteraciones que el individuo adquiere después de su nacimiento. En este grupo podemos subdividir 4 categorías diferentes en cuanto a sus causas:<sup>(12)</sup>

#### **1. Defectos como consecuencia de traumatismos faciales.**

Estas son alteraciones clínicas regularmente de urgencia, que aparecen justo en un momento determinado en la vida del individuo ante alguna lesión traumática y sus secuelas producidas en el rostro. Se estima que el 60 % de los casos son por accidentes viales, el 20% por accidentes domésticos, el 15 % debido a riñas y agresiones, el 3 % por accidentes laborales y mientras que el 2 % son relacionadas a causas diferentes como lesiones deportivas. Los traumatismos faciales se pueden clasificar en:<sup>(17)</sup>

- **Traumatismos de tejidos blandos.** Como las contusiones, abrasiones, laceraciones y quemaduras.
- **Traumatismos de tejidos óseos.** Craneofaciales (tercio superior); maxilo-malares (tercio medio) los cuales por lo general implican fracturas en Le Fort I, II y III, en fracturas de proceso alveolar y sagitales del maxilar superior; mandibulares (tercio inferior) presentadas en el cuello del cóndilo, el agujero mentoniano y el ángulo mandibular.

## 2. Defectos de origen tumoral.

Este tipo de defectos son derivados de diferentes tipos de neoplasias que condicionan patrones malformativos variados, aunado a las cirugías asociadas al tratamiento de estos tumores que provocan malformaciones.<sup>(14)</sup>

Según el Registro Histopatológico de Neoplasias en México, el cáncer de cabeza y cuello representa alrededor del 17.6 % de todas las neoplasias malignas, mientras que el cáncer bucal representa el 37 % de estos casos; los tumores en la zona de las fosas y senos paranasales abarcan menos del 1 % de las neoplasias malignas y el 3 % de todos los cánceres que afectan las vías respiratorias altas; de estos tumores, el 60 % de los casos se manifiesta en el maxilar, el 20 % en la cavidad nasal, el 10 % en el seno etmoidal, mientras que el resto son presentados en los senos frontal y esfenoidal.<sup>(18)(19)</sup>

El cáncer oral es el cáncer más frecuente en cabeza y cuello y la sexta neoplasia maligna a nivel global; se registra una incidencia cada año de más de 300,000 casos, siendo el más frecuente el carcinoma oral de células escamosas que por lo general es diagnosticado en una etapa avanzada.<sup>(20)</sup>

Por otro lado, el cáncer de piel no melanoma abarca el carcinoma basocelular y el carcinoma epidermoide. El basocelular es el tipo de cáncer de piel más común, está localizado en un 90% de los casos en el rostro, siendo la nariz, los párpados inferiores y las mejillas las zonas más afectadas, suele ser menos agresivo y por lo general tiene un buen pronóstico, mientras que el epidermoide tiende a ser más agresivo en cuanto a su comportamiento.<sup>(21),(20)</sup>

Refiriéndonos al tratamiento de este tipo de neoplasias, podemos encontrar las cirugías ablativas (extirpación de tumor primario y cualquier tejido sospechoso), radioterapia, quimioterapia, entre otras, que suelen tener secuelas tales como diversos defectos faciales y disfunciones residuales. Por lo tanto, a consecuencia de estos déficits funcionales y estéticos, se genera una necesidad para abordar estos temas desde un punto de vista de rehabilitación protésica.<sup>(22)</sup>

## Clasificaciones de los defectos faciales según Kan-Ichi-Seto

El autor Kan-Ichi-seto propone una clasificación implementada para detectar defectos en solo la mitad del rostro. Ésta evalúa los defectos que involucran solamente la piel (F) y la interacción con la formación de cavidades por afectación ósea (C) presentadas después de la exéresis quirúrgica de las neoplasias malignas.<sup>(23)</sup>

<b>Compromiso dérmico facial (F)</b>
<p>F0. No existe compromiso dérmico facial</p> <p>F1. Existe una afectación en la piel dentro de la órbita.</p> <p><b>Los casos de defecto dérmico limitado a la región orbital se subdividen en:</b></p> <p>F1. Defecto orbital profundo</p> <p>F1a. Defecto orbital superficial o poco profundo.</p> <p>F1b. Defecto causado por una reconstrucción insuficiente</p> <p>F2. Defecto dérmico facial en la región infraorbital.</p> <p>F3. Defecto dérmico facial debajo de la región cigomática</p> <p>F4. Defecto dérmico facial en la región bucal y labio superior.</p>
<b>Presencia y extensión de cavidad en el defecto (C)</b>
<p>C0. No hay manifestación de cavidad en el defecto facial.</p> <p>C1. Presencia de cavidad en la región orbital.</p> <p>C2. Presencia de cavidad en la región infraorbital.</p> <p>C3. Presencia de cavidad en la región cigomática.</p> <p>C4. La cavidad se extiende a la región bucal y labio superior.</p>

Fig. 1 Clasificación de los defectos faciales según Kan-Ichi Seto.<sup>(23)</sup>

## Regiones faciales para el estudio de defectos faciales

Para su mejor estudio, divide la cara en 6 regiones para evaluar los defectos faciales como objeto de prótesis maxilofacial.<sup>(23)</sup>

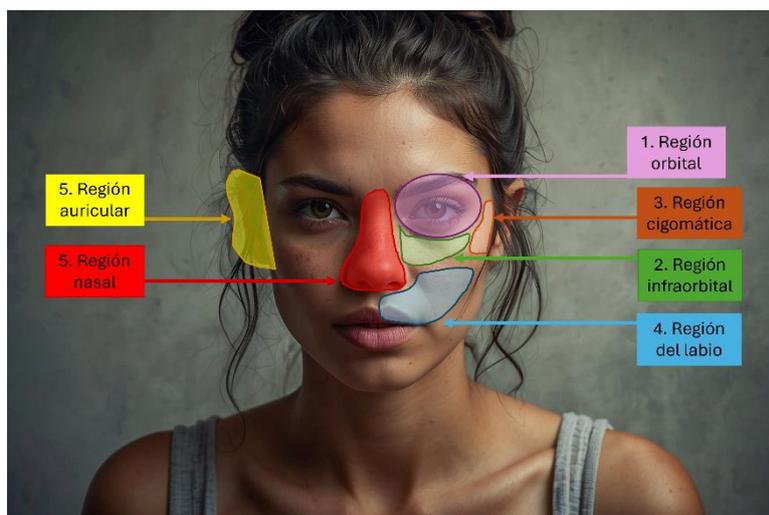


Fig. 2. Regiones faciales.<sup>(23)</sup> Fuente propia.

### A. Región orbital

Alude a la pérdida del globo ocular y sus tejidos adyacentes (párpados, órbita, cejas, entre otros); Puede involucrar estructuras como lo son los senos maxilares y frontales, apéndice y alas nasales. De esta manera, las prótesis de esta zona rehabilitan la parte afectada pudiendo ser:<sup>(23)</sup>

- **Prótesis orbital rígida.** Construida con polimetacrilato de metilo.
- **Prótesis orbital flexible.** Elaborada de silicona de grado médico.
- **Prótesis combinada.** Confeccionada con ambos materiales y en algunos casos estructuras metálicas.

**Según el grado de afección se pueden dividir en:**<sup>(23)</sup>

- Pérdida del contenido total de la órbita (párpados y globo ocular)
- Pérdida del contenido total de la órbita y comunicación con la pared posterior del seno maxilar, apéndice nasal, etc.
- Pérdida del contenido total de la órbita y comunicación bucal.

**B. Región infraorbitaria**

La región comprende la parte inferior de la órbita, ocasionalmente se involucra parte de la nariz y la parte anterior de la región temporal.<sup>(23)</sup>

**C. Región cigomática**

Involucra la región localizada por debajo de la región infraorbitaria, también conocida como región malar haciendo alusión a la zona de los pómulos; en algunos casos abarca la zona de los senos maxilares y el maxilar.<sup>(23)</sup>

**D. Región del labio**

Hace alusión a la alteración específica del labio; lo afecta parcial o totalmente dependiendo de la extensión del defecto. Su rehabilitación puede ser compleja debido a que la zona presenta una alta cantidad de movimiento.<sup>(23)</sup>

**E. Región nasal**

Se refiere a la pérdida parcial o total del apéndice nasal. Dependiendo de su magnitud y el grado de complejidad los defectos de esta zona pueden ser:<sup>(23)</sup>

- a. Pérdida parcial de la nariz.
- b. Pérdida total de la nariz y conservación de los tejidos adyacentes.
- c. Pérdida total de la nariz y otras estructuras del rostro incluyendo globo ocular, mejillas, seno maxilar, labio superior y otras diferentes estructuras óseas y cartilaginosas.

**F. Región auricular**

Alude a la zona del pabellón auricular externo. Concretamente, los defectos pueden ser de etiología congénita que abarca desde la agenesia (ausencia total del pabellón auricular) sin perforación del meato auditivo, hasta los remanentes rudimentarios, correspondiendo al lóbulo o segmentos de otras porciones de la oreja (aplasias). Por otra parte, otra de su etiología es debido a patologías, oncocirugías o lesiones traumáticas.<sup>(23)</sup>

A partir de estas divisiones podemos asumir que, cuanto menor sea el defecto por rehabilitar, el tratamiento protésico rehabilitador será más sencillo y con mayor probabilidad de

éxito en cuanto a estética, funcionalidad y estabilidad; de lo contrario, si un defecto se extiende a otra área y se ve comprometido por los movimientos del rostro, será más complicada su rehabilitación debido a la labor compleja del sellado marginal en las zonas afectadas.<sup>(23)</sup>



Fig. 3. Extensión de defectos faciales.<sup>(23)</sup> Fuente propia.

## Clasificaciones de los defectos según su región facial

El mismo autor Kan-ichi-seto realiza una clasificación de los defectos maxilofaciales según su región facial:<sup>(23)</sup>

### A. Defectos del tercio facial superior.<sup>(23)</sup>

- **Craneales.** En su mayoría ocurren como resultado de lesiones traumáticas y exéresis quirúrgica de neoplasias malignas.
- **Oculares.** Se presentan al haber existido una pérdida del globo ocular o atrofia, pero se conservan los tejidos adyacentes intactos.
- **Orbitales.** Además de existir una pérdida del globo ocular o atrofia, se encuentra una pérdida de los tejidos adyacentes. En este tipo de prótesis, además de reponer el globo ocular, se reponen tejidos adyacentes mediante el uso de implantes integrados, fijación con adhesivos médicos o en casos donde exista difícil fijación, se utilizan armazones de lentes para ayudar a sujetar la prótesis.

### B. Defectos del tercio facial medio.<sup>(23)</sup>

- **Nasales.** En esta zona, puede haber cierta magnitud de la pérdida nasal, entre ellas está la pérdida parcial de la nariz, pérdida total de la nariz y conservación de los tejidos adyacentes, pérdida total de la nariz y otras estructuras de la cara, como estructuras óseas y cartilagosas.
- **Auriculares.** Divididas según la zona afectada, se pueden presentar pérdida parcial o total del pabellón auricular unilateral o bilateral.
- **Maxilares.** Generalmente se presentan después de la exéresis quirúrgica de neoplasias malignas o traumatismos. Estas prótesis son requeridas ante un defecto del hueso maxilar completo o un defecto parcial de éste, cuando no existe un sellado entre la cavidad oral y la cavidad nasal, debido a un defecto congénito, un traumatismo o

incluso como consecuencia de un origen oncológico. Son también conocidos como prótesis obturadoras, las cuales forman un sustituto fundamental del paladar duro, del hueso alveolar y de los tejidos circundantes; Siendo dispositivos que ayudan a la reparación del defecto mediante la ocupación del espacio creado como consecuencia de la pérdida o ausencia del hueso maxilar superior; Aunado a esto, el objetivo de lograr con las prótesis la separación entre las cavidades nasal y bucal con el propósito de mejorar la fonación, la deglución, la articulación y la estética.<sup>(23)(24)</sup>

- **Clasificación de Aramany.** Describe el lugar del defecto y su relación con los dientes remanentes. Se utiliza para pacientes parcialmente edéntulos que han recibido tratamientos quirúrgicos. Se limita a solo brindar información del defecto en sentido horizontal:<sup>(25)</sup>
  - **Clase I.** Defecto unilateral, anterior y posterior desde la línea media palatina. Manteniendo los dientes de un lado del arco.
  - **Clase II.** Defecto unilateral posterior, involucrando cresta alveolar. Mantiene los dientes anteriores y posteriores del lado contralateral.
  - **Clase III.** Defecto central a la línea media del paladar duro, sin involucrar proceso alveolar ni órganos dentales.
  - **Clase IV.** Defecto más extenso que cruza la línea media involucrando ambos lados del maxilar, presenta órganos dentarios posteriores del lado contralateral.
  - **Clase V.** Defecto bilateral posterior comprometiendo paladar duro y parte del blando, conserva dientes anteriores.
  - **Clase VI.** Defecto palatino en la porción anterior, hay presencia de dientes remanentes posteriores.

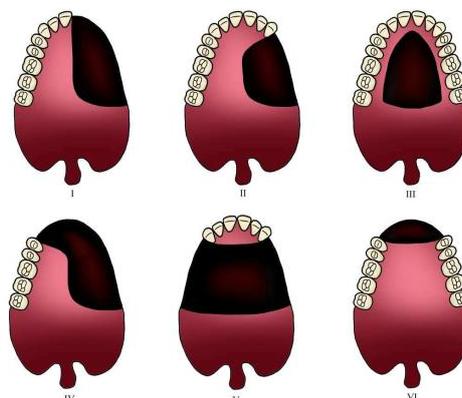


Fig.4 Clasificación de Aramany de defectos maxilares. Clase I, II, III, IV, V y VI.<sup>(25)</sup>

### C. Defectos del tercio facial inferior.<sup>(23)</sup>

- **Mandibulares.** Son prótesis que abarcan el hueso mandibular y la articulación temporomandibular. Estas presentan muy pronóstico muy reservado debido a la presencia de la lengua, la saliva y la poca retención de la apófisis alveolar y el movimiento de la articulación temporomandibular.<sup>(23)</sup>

➤ **Clasificación de Cantor y Curtis.** Engloba a los pacientes con mandibulectomía. Con el fin de argumentar más a fondo los pacientes con mandibulectomía y valorar las técnicas de rehabilitación protésica existentes y nuevas, Cantor y Kurtis desarrollan una clasificación que define arbitrariamente las categorías anatómicas postquirúrgicas:<sup>(26)</sup>

- **Clase I.** Pacientes sometidos a resección alveolar radical sin pérdida de la continuidad mandibular. No incluye la desinserción de los músculos de la masticación, conserva la mayor parte de la lengua y de los tejidos blandos adyacentes.
  - **Subdivisión a.** resección del borde superior de la mandíbula.
  - **Subdivisión b.** resección del borde inferior de la mandíbula.
- **Clase II.** Resección mandibular unilateral desde distal del canino hasta el cóndilo. Se pierde la inserción de varios de los músculos de la masticación, lo que genera la desviación de la mandíbula remanente hacia el lado del defecto.
- **Clase III.** Resección unilateral desde la línea media mandibular hasta el cóndilo (hemimandibulectomía). Hay mayor pérdida de las inserciones musculares y mayor inestabilidad del remanente mandibular.
- **Clase IV.** Resecciones mandibulares unilaterales, ya han sido rehabilitados parcialmente con injertos de hueso y de tejido blando para formar una pseudoarticulación; existe una estabilidad mandibular mayor.
- **Clase V.** Resecciones sin afectación de los cóndilos y con restablecimiento de la continuidad mandibular.

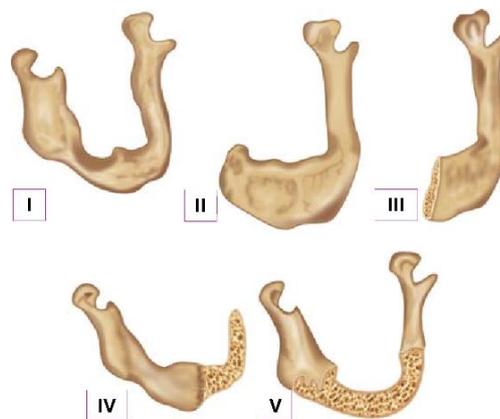


Fig. 5. Clasificación de Cantor y Curtis. Clase I, II, III, IV, V.<sup>(26)</sup>

## Tipos de prótesis maxilofaciales y su clasificación

Según la OMS, una prótesis es un dispositivo de grado médico, de aplicación externa que se usa para reemplazar total o parcialmente una parte del cuerpo ausente o deficiente.<sup>(27)</sup> Existe una amplia y subjetiva clasificación de las prótesis; éstas se pueden dividir de diferente manera de acuerdo con sus características como se menciona a continuación:<sup>(28)</sup>

### A. Según los tipos de retención protésica.<sup>(28)</sup>

- **Química: Adhesivas.** Esta prótesis se une a través de un adhesivo de grado médico, el cual debe colocarse y retirarse al momento de su uso. Dentro de este grupo entrarían por ejemplo las prótesis faciales en general. Vienen en pastas o líquidos y son aplicados con ayuda de un pincel, spray o gotero. Su efectividad dependerá del tipo de piel que presente el paciente, del vello facial, sudoración, fluidos corporales, cremas, entre otros. o factores ambientales como el sol, humo, climas extremos, polvo, entre otros.
- **Anatómica: Autorretentivas o físicas.** Por este otro lado las prótesis autorretentivas utilizan la retención que ofrece la misma anatomía del cuerpo para ajustarse. En este grupo podemos encontrar las prótesis oculares, prótesis obturadoras, entre otras.
- **Mecánica: Implantorretenidas o con algún aditamento como gafas o imanes.** Al tratarse de un defecto más extenso, las prótesis pueden ir insertadas mediante un implante; éstas dependen de la calidad y cantidad del hueso viable del individuo para poder realizarla. De igual manera, pueden ser retenidas mediante gafas, además de crear un efecto distractor ante el observador.

### B. Según la zona anatómica donde van colocadas.<sup>(28)</sup>

- **Extraorales.** Prótesis auriculares, oculares, orbitofaciales y nasales.
- **Intraorales.** Prótesis maxilares y mandibulares.
- **Combinadas.** Son las prótesis que abarcan un conjunto de dos o más estructuras comprometidas, generalmente son prótesis combinadas de la región intraoral y facial (prótesis obturadora y prótesis facial unidas por imanes).

### C. Según la función que realicen.<sup>(28)</sup>

- **Obturadoras.** Son utilizadas cuando el individuo presenta una hendidura en el maxilar y se comunica la cavidad oral con la cavidad respiratoria. El factor etiológico de esta situación puede variar desde fracturas por lesiones traumáticas, hasta la necesidad de realizar la remoción quirúrgica total o parcial por un proceso tumoral, siendo estos defectos del maxilar de origen oncológico los más frecuentes.<sup>(24), (28)</sup>
- **Protectoras.** Tal cual lo indica su nombre, son de protección para las estructuras localizadas debajo de la prótesis o también ante cirugías ortognáticas, para proteger los tejidos sometidos a cirugía. En este grupo entran las prótesis de oreja, nasales, oculares,

faciales, férulas ortognáticas, así como posicionadores para radioterapia o protectoras de plomo.<sup>(28)</sup>

**D. Según el tiempo que se vaya a utilizar la prótesis.<sup>(28)</sup>**

- **Temporales o preventivas.** Se colocan a individuos que presentan algún traumatismo para evitar que tejidos adyacentes se vean afectados, hasta la colocación de una prótesis definitiva. Por ejemplo, en caso de una cirugía ortognática, el individuo deberá utilizar una férula para poder realizar una unión maxilar o mandibular, según la zona intervenida, siendo temporal hasta lograr el resultado deseado; Otro ejemplo puede ser una prótesis obturadora inmediata la cual se coloca inmediatamente después de una cirugía, para después ser reemplazado por un obturador temporal empleado para facilitar el cierre del maxilar hasta que la cicatrización sea estable y se pueda realizar la prótesis definitiva.
- **Definitivas.** Son prótesis las cuales el paciente mantendrá hasta el deterioro de éstas, dependiendo de los cuidados brindados por el individuo portador y por la calidad misma de la prótesis elaborada.

Teniendo así una idea clara de lo que es una prótesis y sus diferentes clasificaciones, se desglosan a continuación los conceptos detallados de lo que es una prótesis ocular, prótesis auricular y prótesis de nariz, sobre las cuáles nos centraremos a lo largo del trabajo.

## Prótesis ocular

Los ojos cumplen la función primordial de proporcionar la capacidad visual del organismo y a su vez desarrollan un papel importante en la expresión facial. Por lo tanto, la pérdida o agenesia de este órgano puede ser una experiencia traumática. Esta condición, no solo presenta una discapacidad visual, sino que también afecta en los aspectos biopsicosociales del individuo, siendo así un motivo sustancial para la rehabilitación y el uso de una prótesis ocular.<sup>(29) (30)</sup>

En cuanto a datos estadísticos, la literatura indica que en Latinoamérica y el Caribe, hay aproximadamente 500 ciegos y 20,000 personas con discapacidad visual. A nivel internacional, se mencionan aproximadamente 18 millones de pacientes con ceguera unilateral adquirida por causa de algún traumatismo. Existen entre 9 y 15 casos por cada 10,000 habitantes, de los cuales el 25 % corresponden al trauma ocular de “globo abierto” pudiéndose presentar en cualquier etapa de vida. Este tipo de traumatismo es el tercer motivo de hospitalización por causa ocular, en donde el tratamiento quirúrgico puede concluir en una enucleación o exéresis, requiriendo así una fase rehabilitadora.<sup>(8)</sup>

Desde una perspectiva anatómica, el globo ocular se encuentra incluido en la cavidad orbitaria protegido del exterior por las estructuras anatómicas adyacentes. Los defectos oculares se distinguen por la pérdida del globo ocular con la conservación de tejidos adyacentes, o una disminución del volumen de éste debido a una atrofia de los tejidos con disminución del humor

acuoso, por consiguiente, el ojo se vuelve hipotónico, se contrae y reduce su volumen, perdiendo su forma esférica y en ciertas ocasiones adquiriendo una forma cúbica por la tracción de los músculos extrínsecos y cambios en el color del iris a tonalidades azules. Actualmente reemplazar quirúrgicamente el globo ocular no es posible, por lo cual el tratamiento protésico es la primera opción como terapia rehabilitadora, utilizando por lo general un biomaterial que se implanta por retención en la cavidad ocular.<sup>(31)</sup>

## Etiología de la pérdida o ausencia del globo ocular

Las causas de la pérdida del globo ocular presentan diferentes etiologías:<sup>(32)</sup>

- **Congénitas.** Estos defectos oculares se presentan al nacer y necesitan rehabilitación. Son producidos por alteraciones en el desarrollo morfológico, estructural, funcional o molecular del embrión. Se pueden detectar desde el embarazo mediante un ultrasonido, analizando la presencia o ausencia del cristalino, lo cual dará indicios de futuras alteraciones oculares tales como anoftalmia, microftalmia, glaucoma congénito, catarata congénita, entre otras.<sup>(33)</sup>
- **Traumáticas.** Los traumatismos oculares se describen como lesiones causadas por mecanismos contusos o penetrantes que afectan directamente el globo ocular y sus estructuras adyacentes. Comúnmente son ocasionados por accidentes de tránsito o domésticos, agresiones físicas, ocupaciones laborales, prácticas deportivas, trabajos en la industria y labores de construcción.<sup>(32)</sup>
- **Oncológicas**  
Son defectos ocasionados por neoplasias, que una vez siendo intervenidos quirúrgicamente necesitan rehabilitación, entre estos se encuentran el retinoblastoma, melanoma, neuroblastoma, glioma.<sup>(32)</sup>
- **Patológicos u otras etiologías.** Cualquier defecto ocular producido por patologías sin ser de origen tumoral, pudiendo ser tal cual la retinopatía diabética, el glaucoma, desprendimiento de retina, complicaciones quirúrgicas, obstrucción vascular e infecciones.<sup>(32)</sup>

## Clasificación de los defectos oculares

- **Anoftalmia congénita.** Es la ausencia total del tejido ocular dentro de la órbita de origen congénito. Puede ser primaria, secundaria o consecutiva. La primaria es muy infrecuente, generalmente bilateral y es producida cuando el desarrollo del ojo se interrumpe al comienzo de la cuarta semana, como consecuencia de una falla en la formación de la vesícula óptica; mientras que la secundaria es rara, apareciendo cuando hay consecuencia de la supresión del desarrollo del prosencéfalo; la consecutiva o

degenerativa el ojo comienza a formarse y por algún motivo se degenera. La literatura señala una incidencia de 0.18 - 0.14 por cada 10,000 nacidos vivos.<sup>(33)</sup>

- **Macroftalmia congénita.** Es la reducción variable del volumen del globo ocular que suele ser asociado a otras alteraciones oculares como la capacidad corneal, las cataratas congénitas, etc. Es más frecuente que la anoftalmia; presenta una incidencia reportada en Estados Unidos de 1,5 - 19 por cada 10,000 nacidos vivos. La microftalmia puede ser simple o compleja; la simple ocurre cuando un ojo está completo pero pequeño y la completa está asociada a diversas malformaciones de diferentes partes del ojo, además de su tamaño reducido.<sup>(33)</sup>
- **Ptisis bulbi.** Se refiere a un diagnóstico histopatológico que indica una enfermedad ocular terminal caracterizada por la atrofia, contracción y desorganización del ojo y su contenido intraocular. Un mecanismo para la patogénesis de ésta es cuando la alteración de la barrera hematoocular por traumatismo (quirúrgico, mecánico, relacionado con la radiación o químico), inflamación, infección e isquemia conduce a un entorno intraocular alterado; otro mecanismo es debido a la hipotonía, se presenta cuando la presión intraocular (PIO) desciende por debajo de 6.5 mmHg, pero los efectos oculares dañinos se observan por debajo de los 4 mmHg (la PIO normal va de los 12-22 mmHg). La etiología de esta condición puede ser congénita o adquirida. Entre las enfermedades congénitas se presenta el vítreo primario hiperplásico persistente, Anomalía de Peters tipo 2, Enfermedad de Norrie, entre otras. En cuanto a la etiología adquirida, esta puede ser por origen traumático (Lesión de globo abierto como endoftalmitis, cuerpo extraño intraocular, desprendimiento de retina; lesión de globo cerrado; lesión química; radiación), de origen postquirúrgico (Cirugía de cataratas, cirugía corneales, vitrectomía, retinectomía); de origen por inflamación (Uveítis intermedia, Enfermedad de Behcet, lupus eritematoso sistémico, entre otros); origen tumoral (Retinoblastoma, melanoma maligno, entre otros); por infección (queratitis, endoftalmitis, panoftalmitis); de origen vascular (Retinopatía diabética proliferativa, enfermedad de abrigos, retinopatía del prematuro, hemangioblastoma capilar de la retina, entre otros); por medicamentos (Cidofovir); por misceláneas (Síndrome de Parry-Romberg, Síndrome de derrame uveal, anemia drepanocítica, neurofibromatosis).<sup>(34)</sup>

Los autores Hogan y Zimmerman correlacionan la apariencia clínica con la histopatológica y describen que la enfermedad ocular terminal pasa por tres etapas. Aunado a esto, Yanoff y Fine incluyen dos etapas adicionales de osificación intraocular y calcificación:<sup>(34)</sup>

- **Sistema de estadificación de Hogan y Zimmerman**
  - Primera etapa: Atrofia sin contracción.
  - Segunda etapa: Atrofia con contracción (Atrofia bulbi)
  - Tercera etapa: Atrofia con contracción y desorganización (Ptisis bulbi)

- **Clasificación modificada de Yanoff y Fine**
  - Atrofia sin contracción
  - Atrofia con contracción (atrofia bulbi)
  - Atrofia con contracción y desorganización (ptisis bulbi)
  - Osificación intraocular
  - Calcificación intraocular
  
- **Evisceración.** Es el legrado del contenido del globo ocular preservando la conjuntiva, la cápsula de Tenon, la esclerótica, los músculos extraoculares, el nervio óptico y en algunos casos la córnea. Ésta se realizará en circunstancias como: ojo ciego y doloroso, endoftalmitis, panoftalmitis, traumatismo ocular grave cuando haya conservación de anatomía y sin posibilidad de recuperar la visión, glaucoma absoluto dolorosa y ptisis bulbis.<sup>(35)</sup>
  
- **Enucleación.** Consiste en la exéresis quirúrgica del globo ocular de la órbita, lo cual implica desconectar las conexiones entre el ojo y el paciente, incluyendo la sección del nervio óptico, se dejan los músculos. Las razones más frecuentes para realizar una enucleación son la presencia de malignidad intraocular (melanoma corioideo, retinoblastoma, otras neoplasias que no responden a terapia convencional con potencial metastásico); ojo ciego y doloroso (glaucoma neovascular, endoftalmitis y uveítis); la prevención de la oftalmia simpática (es una uveítis granulomatosa bilateral asociada a un traumatismo o cirugía ocular; traumatismos; además de otras razones que abarcan casos de tisis y microftalmia en niños para favorecer el desarrollo orbitario óseo y mejorar la estética.<sup>(36)</sup>
  
- **Exenteración.** Consiste en la extracción del contenido de la órbita ocular incluyendo periórbita (tejidos blandos de la órbita), pero no de los músculos orbitales ni del nervio óptico.<sup>(37)</sup>

La clasificación de exenteración ocular según Meyer y Zaoli presenta una de las más completas y está en relación con la magnitud de la cirugía.<sup>(37)</sup>

- **Tipo I.** Se conservan los párpados y la conjuntiva.
- **Tipo II.** Solamente se conserva la piel de los párpados y se realiza resección del contenido orbitario.
- **Tipo III.** Ambos párpados son retirados con el contenido orbitario.
- **Tipo IV.** Ambos párpados son retirados con el contenido orbitario, incluyendo estructuras óseas afectadas.

## Conformadores oculares

Según Rondón et al., los conformadores son la primera etapa de tratamiento rehabilitador, están diseñados para evitar la adherencia entre las conjuntivas tarsal y bulbar (son tejidos que están dentro de los párpados); a su vez son usados para conformar y ampliar la cavidad ocular para estimular el desarrollo; si existe capacidad orbitaria, debe comenzar con la colocación de conformadores estáticos o dinámicos según el caso e ir cambiando en cuanto al desarrollo, hasta que la cavidad oftálmica esté apta para la colocación de la prótesis ocular definitiva.<sup>(33),(38)</sup>

### Tipos de conformadores oculares:<sup>(38)</sup>

- **Conformador simbléfaron o anular.** Son prótesis capaces de evitar que los párpados se adhieran al globo ocular, como por quemaduras o cirugías oculares. Estas presentan un orificio central el cual permite al paciente la visión.
- **Conformador quirúrgico.** Son importantes en el tiempo postoperatorio para una buena cicatrización, para de esta manera prevenir la adherencia de los párpados y la retracción de los fondos de saco, los cuales son el espacio creado por la conjuntiva que cubre a la cara interna palpebral.
- **Conformadores crecientes.** Cuando se presenta microftalmia o anoftalmia, este tipo de conformadores pueden lograr un ensanchamiento de la cavidad ocular de forma creciente hasta que sea posible la colocación de una prótesis ocular y de esta manera evitar tratamiento quirúrgico.

## Clasificación de la prótesis ocular

Una prótesis ocular es un tipo de prótesis maxilofacial que va a rehabilitar aloplásticamente la pérdida total o parcial y las deformaciones del globo ocular, dando una solución terapéutica a los inconvenientes anatómicos, funcionales y estéticos.

Por consiguiente, podemos establecer que los objetivos de las prótesis oculares radican en recuperar la estética facial, prevenir el colapso y la deformación de los párpados manteniendo el tono muscular, proteger la cavidad de cuerpos extraños, restaurar la dirección de la secreción lacrimal evitando la incontinencia lacrimal y por el lado psicológico social, brindar un apoyo emocional y seguridad al paciente.<sup>(31) (32)</sup>

Existen diversas clasificaciones de las prótesis oculares, una de ellas es la de Álvarez et al. basándose en la red nacional maxilofacial de la Habana la cual se clasifican en:<sup>(31)</sup>

- **Prótesis ocular comercial.** Son prótesis prefabricadas de manera industrial; las encontramos en diferentes tamaños, tonalidades de esclera e iris, éstas son seleccionadas y adaptadas a las condiciones de cada caso.

- **Prótesis ocular individual.** Se realizan conforme a las características de cada paciente, comenzando con una impresión de la cavidad, con un material ideal ya sea silicona o alginato y retirada de un portaimpresiones. Este tipo de prótesis son las más adecuadas para la rehabilitación ocular debido a que proporcionan una mejor retención en la cavidad ocular por reproducir una copia fiel de los tejidos a rehabilitar, presentando una mejor adaptación, mayor movilidad, mejor comodidad y mejores beneficios estéticos.
- **Prótesis ocular individualizada.** Este tipo de prótesis se confeccionan a partir de un duplicado de un conformador remodelado en cera para ajustarlo y adaptarlo a la cavidad. Comúnmente se emplean en las Phthisis bulbis, en las que se obstaculiza la toma de impresión por la hipersensibilidad del ojo.
- **Prótesis individual liviana.** A igual manera, es una prótesis construida para cada paciente, con la diferencia de ser hueca, lo cual brinda una disminución de su peso. Se indica por lo general en casos donde el tamaño y el peso brindan poca comodidad y deformen el párpado inferior que la retiene.
- **Tripartita.** Realizadas a partir de un banco de escleras prefabricadas que se adapta a la cavidad, para luego caracterizar y centralizar el iris y volver a colocar y polimerizar el acrílico transparente.

## Prótesis auricular

El oído externo está compuesto por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo. La oreja es un elemento importante y complejo de la apariencia humana; el tamaño normal de la oreja depende de varios factores como la edad, género y altura del individuo, en adultos su longitud promedio radica en 58-56 mm (mujeres 58-63 mm, hombres 62-66 mm), mientras su anchura va de los 32-34 mm aproximadamente, para los 8 años de edad, la oreja habrá alcanzado tu tamaño definitivo, siendo esto una consideración importante para su rehabilitación.<sup>(39),(40),(41)</sup> De acuerdo con su anatomía, la oreja sufre una exposición vulnerable a varios tipo de eventos traumáticos incluyendo accidentes con abrasión, desgarre y avulsión auricular, perdiendo piel y pericondrio; debido a ello, la demanda de rehabilitación protésica ha aumentado con los años por un incremento en la incidencia de este tipo de lesiones como consecuencia de incidentes viales y de violencia.<sup>(41)</sup> Por otra parte, las prótesis auriculares no solo son una opción para eventos adquiridos traumáticos, sino que también podemos incluir malformaciones congénitas auriculares.<sup>(42)</sup>

La apariencia amorfa de la oreja tiene consecuencias no favorables en la autoestima, la calidad de vida y el desarrollo biopsicosocial del individuo; Frente a lo dicho anteriormente, se pueden realizar cirugías reconstructivas mediante el uso de injerto, sin embargo en la mayoría de las circunstancias este tipo de tratamiento está limitado debido a que no se obtienen características estéticas favorables o ideales del paciente, dado a estas situaciones estéticas y psicológicas es fundamental una rehabilitación estética con el uso de prótesis auriculares.<sup>(43),(44)</sup>

## Etiología de los defectos auriculares

Según la literatura, los datos recabados por un estudio de Guo y colaboradores sobre la completa reconstrucción de orejas a través de prótesis auriculares en 46 pacientes fue a causa de defectos congénitos en un 65.2 %, resección tumoral del 26.1 %, traumatismos en un 4.3 %, quemaduras un 2.2 % e infecciones con un 2.2 %.<sup>(41)</sup>

- A. **Congénitas.** Una gran cantidad de malformaciones congénitas son dominantes en un sentido hereditario.<sup>(41)</sup>
- B. **Adquiridas/Traumáticas.** Por ser una zona anatómica protuberante de la cabeza, están predispuestas a presentar algún tipo de traumatismo o incluso accidentes.<sup>(41)</sup>
- C. **Oncológicas.** Poco más o menos del 5 al 8% de los cánceres de piel son producidos en el oído externo, presentando con mayor frecuencia el carcinoma de células escamosas y de células basales. Se estima que entre el 45 y 55 % del cáncer de piel auricular está localizado en el borde helicoidal y mayoritariamente presente en hombres donde debido a peinados y ocupaciones, las orejas quedan más expuestas a la radiación ultravioleta.<sup>(45)</sup>

## Clasificación de los defectos auriculares

- A. **Adquiridos.** Por lo general son debido a eventos traumáticos, como accidentes, quemaduras, entre otros.<sup>(46)</sup>
- B. **Congénitos.**<sup>(46)</sup>
  - Anotia.
  - Orejas prominentes.
  - Hipoplasia completa o microtia.
    - Con atresia del conducto auditivo externo.
    - Sin atresia del conducto auditivo externo.
  - Hipoplasia del tercio medio de la oreja.
  - Hipoplasia del tercio superior de la oreja.
    - Orejas contraídas o en copa. Son un grupo de deformaciones auriculares caracterizadas por poseer un hélix de aspecto descendido anteroinferior, ausencia de la rama del antehélix y una alteración de la concha. Si estas anomalías se presentan de forma más grave, entrarán en la categoría de microtias atípicas.
    - Criptotia (el polo superior de las orejas está cubierto por cuero cabelludo).

En la clasificación según Alfredo V. y colaboradores se encuentra:

- Pérdida parcial del pabellón auricular.
- Pérdida total del pabellón auricular.
- Pérdida total bilateral de los pabellones auriculares.<sup>(31)</sup>

## Concepto de prótesis auricular

Las prótesis auriculares son las que se elaboran para la rehabilitación de defectos auriculares, como la pérdida total o parcial del pabellón auricular; estas pueden ser bilateral o unilateral, con presencia o no del conducto auditivo externo. Estas prótesis deben ser similares en cuanto a la forma, tamaño y contorno morfológico al pabellón auricular remanente existente. En cuanto a las ventajas que presentan podemos encontrar que las prótesis auriculares pueden imitar con exactitud la morfología y color de la oreja del lado opuesto; se puede evitar una reconstrucción quirúrgica ahorrando tiempo y gastos. Por otro lado, las ventajas que se pueden presentar incluyen dificultades para consolidar la fijación de la prótesis al cuerpo, la falta de adaptabilidad a los cambios del color de la piel a la cual se adhiere y una inestabilidad del color. Hablando sobre los medios de retención, podemos encontrar prolongaciones en el interior del conducto auditivo externo, espejuelos, adhesivos e implantes osteointegrados.<sup>(31)</sup>

## Prótesis nasal

La nariz es el órgano respiratorio superior más importante que cumple con la función respiratoria defensiva, fonatoria y olfatoria; y a su vez, es una zona anatómica sustancial en la armonía facial. Al ser un elemento prominente en el rostro, se auspicia la aparición frecuente y continua de neoplasias, traumas y anomalías congénitas.<sup>(31), (47)</sup>

Por lo tanto, la pirámide nasal es la parte anatómica del rostro que presenta la mayor frecuencia de aparición de tumores cutáneos, como lo son el carcinoma basocelular, el carcinoma epidermoide y el melanoma; cuyo tratamiento principalmente es quirúrgico y en algunos casos el margen de seguridad puede corregirse mediante cirugía plástica o también dejar el defecto abierto, debido a la alta posibilidad de recidiva. Por lo tanto, las prótesis nasales pueden ser totales o parciales, según sea la extensión del defecto de la pirámide nasal y las zonas anatómicas cercanas a la nariz.<sup>(48)</sup>

La literatura señala que la prominencia y posición que ocupa la nariz en la región maxilofacial la hace más susceptible a la aparición de lesiones cutáneas de origen oncológico por estar más expuesta a las radiaciones solares, así como a una mayor frecuencia de traumatismos; aunado a esto, se menciona que el sexo masculino pudiera tener una mayor prevalencia de defectos nasales de origen patológico y traumática, presentando una mayor cantidad de factores de riesgo asociados a condiciones laborales. En cuanto al color de piel se reconoce que la piel blanca presenta mayor susceptibilidad de presentar algún tipo de defecto

nasal principalmente debido a secuelas de lesiones oncológicas posteriores al desarrollo de carcinomas. Haciendo referencia a la edad, las lesiones patológicas en el puente nasal se presentan con mayor frecuencia en la sexta y séptima década de vida, mientras que las lesiones de origen traumático son presentadas en jóvenes comprendidos entre la tercera y cuarta década de vida.<sup>(49)</sup>

Para la elaboración de las prótesis nasales, es imprescindible tomar en cuenta los medios de fijación, los materiales que se utilizarán y la caracterización de colores de la piel para lograr los resultados estéticos y funcionales anhelados.<sup>(50)</sup>

## Etiología de los defectos nasales

- **De origen congénito.** Aparecen por un defecto embriológico primario o al ser una consecuencia de una alteración secundaria que afecta a áreas contiguas que afectan a la nariz, como en el caso del labio y paladar hendido. Mientras que la arrinia se presenta como la ausencia total de la nariz, en donde no se desarrolla ni la premaxila ni la nasofaringe anterior, siendo un defecto congénito muy rara vez presentado.<sup>(51)</sup>
- **De origen adquirido por alguna enfermedad.** Rara vez se presenta algún defecto nasal como secuela de alguna enfermedad causada por micobacterias como la tuberculosis, en donde su localización más frecuente es pulmonar afectando vías aéreas superiores en un 2 %. Otro ejemplo de ello es la lepra siendo una enfermedad granulomatosa crónica afecta comúnmente la mucosa nasal produciendo lesiones de carácter destructivo.<sup>(52)</sup>
- **De origen adquirido/traumático.** Mencionando las quemaduras, accidentes viales, heridas por armas de fuego, entre otras.<sup>(31)</sup>
- **De origen oncológico.** Como se mencionó anteriormente, debido a la ubicación anatómica del puente nasal, este se convierte en ser más propenso a presentar lesiones de origen oncológico como lo es el carcinoma basocelular, el carcinoma epidermoide y el melanoma.<sup>(48)</sup>

## Clasificación de los defectos nasales

Los defectos de la pirámide nasal son clasificados según la zona anatómica de la pérdida:

- Pérdida parcial del apéndice nasal.
- Pérdida total del apéndice nasal.
- Pérdida total de apéndice nasal y otras estructuras del rostro.<sup>(31)</sup>

## Concepto y clasificación de prótesis nasal

La intención de una prótesis del puente nasal tiene como objetivo restaurar aloplásticamente todo el defecto nasal presentado, aunado a la restauración de la armonía estética del paciente, promueven el mantenimiento limpio y humedecido de la mucosa respiratoria superior, a su vez

funcionan como soporte de gafas y brindan un aumento significativo en la calidad de vida del paciente.<sup>(53)</sup>

Existen diversas clasificaciones de las prótesis nasales, una de ellas la de O. Malard y colaboradores que las clasifican en:<sup>(52)</sup>

- A. Según su ubicación.** Se utiliza una prótesis piramidal nasal para sustituir total o parcialmente la nariz.
- B. Según su técnica de fijación.** Para cada método de fijación se realizan estudios de la zona a tratar.
  - **Adhesivos.** Es un método simple, pero podría no resultar factible debido al peso de la prótesis y/o a la intolerancia de la piel del paciente al adhesivo.
  - **Implante fijado a gafas.** Este método permite un mayor peso de la prótesis; para esto se pueden utilizar gafas correctoras del propio paciente o como un accesorio.
  - **Implantes en hueso.** La implantación ósea para estos casos sigue los principios fundamentales de la implantología dental; generalmente se requieren de 2 a 4 implantes de anclaje.

El autor Alfredo V. y colaboradores menciona esta otra clasificación de las prótesis nasales tomando en cuenta el lado del tiempo de uso:<sup>(31)</sup>

- **Prótesis inmediata o quirúrgica.** Son realizadas en una etapa preoperatoria en conjunto con el cirujano, adecuándose al tamaño del área del defecto sustituyendo el vendaje externo con gasas y sirviendo como medio auxiliar en la cicatrización y comodidad del paciente teniendo una reconstrucción inmediata y precaria del área operada.
- **Prótesis temporal.** Esta se usa durante el periodo de control clínico brindando un mejor aspecto estético y funcional.
- **Prótesis reparadora.** Se aconseja cuando la cirugía plástica está contraindicada o cuando el periodo de cicatrización postoperatorio ha concluido.

El paciente portador de una prótesis nasal obtiene ventajas como el no requerimiento de hospitalización, siendo elaborada en un periodo “corto” de tiempo y obteniendo resultados funcionales y estéticos inmediatos. Por el contrario, el requerimiento de su medio de fijación y su mimetización en el rostro pueden presentarse como desventajas de esta misma.<sup>(24)</sup>

La prótesis nasal nunca es definitiva, tanto la prótesis como la piel del paciente están sujetos a cambios. La frecuente exposición a rayos ultravioleta tiende a promover cambios en la coloración de la prótesis y hace el material (silicona) de ésta más rígida afectando su apariencia física; a su vez, la prótesis requiere un mantenimiento diario, donde continuamente se forman costras que pueden presentar un olor desagradable si no se eliminan periódicamente; los cambios con el paso del tiempo en el tono de la piel del paciente (bronceado, atrofia de músculos, cambios en el patrón de arrugas) pueden afectar la estética de la misma prótesis. Por lo tanto,

se debe advertir al paciente citas de control para renovar la prótesis después de un intervalo que generalmente varía entre los 18 y 24 meses después de su colocación.<sup>(52)</sup>

## Prótesis orbitofacial

Los ojos son una parte anatómica importante del rostro encargados de la visión y son un elemento sustancial de la cara y las expresiones faciales. Los defectos orbitales son caracterizados por la pérdida del globo ocular y sus tejidos adyacentes, refiriéndose a párpados, cejas, pestañas, entre otros, en las que además pueden estar involucradas otras estructuras del rostro como lo son el seno maxilar, el apéndice nasal y la cavidad bucal.<sup>(31)</sup>

Este tipo de defectos orbitales que abarcan la ausencia del globo ocular y los párpados se rehabilitan mediante los dispositivos de prótesis orbitaria u óculo-palpebral para darle al paciente una mejor estética y funcionalidad, devolverle el contorno facial y disminuir el defecto irreparable incluso para la cirugía plástica. Pese al avance alcanzado por el desarrollo de nuevas técnicas reconstructivas en la cirugía aún no se ha podido lograr la total solución a este tipo de defectos. En estos casos, la cirugía plástica puede ser realizada para mejorar la anatomía junto con el terreno de asentamiento protésico, esto conlleva un trabajo multidisciplinario donde el protesista maxilofacial pondrá los requerimientos y condiciones que debe tener el lecho quirúrgico para que así la rehabilitación protésica se realice bajo las mejores condiciones.<sup>(31)(54)</sup>

## Etiología de los defectos orbitarios

La literatura menciona que la pérdida de la región orbitaria es casi únicamente de secuelas de cirugías o radiaciones oncológicas. La enucleación orbitaria involucra la extirpación del globo ocular removiendo el nervio óptico y los músculos extraoculares, mientras que en la evisceración se extirpa todo el globo ocular dejando intactos los tejidos adyacentes circundantes incluyendo los músculos extraoculares, la cápsula de Tenon y el nervio óptico.<sup>(31)(54)(55)</sup>

## Clasificación de los defectos orbitarios

Este tipo de defectos pueden dividirse según su extensión en:

- Pérdida del contenido total de la órbita
- Pérdida del contenido total de la órbita y comunicación con la pared posterior.
- Pérdida del contenido total orbital y comunicación bucal. En estos casos es importante el uso de un obturador realizado en la primera fase del tratamiento para que así sus límites funcionen como referencia al realizar la rehabilitación orbitofacial.<sup>(31)</sup>

## Concepto y clasificación de prótesis orbitofacial

Una prótesis orbital es un dispositivo artificial que va a reemplazar la ausencia del ojo y tejidos adyacentes como párpados, pestañas y cejas; siendo una alternativa de rehabilitación cuando el tratamiento quirúrgico no es viable o incluso si es así decidido por el paciente.<sup>(13)</sup>

Según el material del que están elaboradas pueden ser.<sup>(31)</sup>

- A. Prótesis orbitaria rígida.** Este tipo de prótesis tienen su asiento en la periferia del afecto descansando en los tejidos sanos de la piel y son indicadas en pacientes que presenten comunicación con la cavidad bucal o nasal. Se realizan de material rígido como acrílicos termopolimerizables.
- B. Prótesis orbitaria flexible.** Estas ocupan toda la cavidad orbitaria y están relacionadas íntimamente con los tejidos. Son indicadas en pacientes que presentan cavidades revestidas con mucosa sana y piel, sin supuraciones y de preferencia con áreas retentivas. Están realizadas de silicona donde se fijan por un íntimo contacto con los tejidos de asiento, se buscan áreas de retención y se introduce en éstas, lo cual se puede lograr gracias a la flexibilidad del material y el uso de agentes adhesivos.
- C. Prótesis orbitaria combinada.** Son de gran utilidad uniendo las ventajas de la prótesis rígida al no estar en contacto íntimo con el defecto y las ventajas de la prótesis flexible en cuanto a los buenos resultados estéticos y naturalidad que estas brindan.
- D. Prótesis para dormir.** Este tipo de prótesis son adheridas en toda la extensión de sus bordes impidiendo la ventilación al ser perjudicial para los tejidos, por lo que en situaciones se les aconseja a los pacientes retirar sus prótesis para dormir. Por otro lado, con el objetivo de mejorar la salud, la estética y la calidad de vida del paciente portador de la prótesis, cuando el paciente lo pide, se recomienda confeccionar una prótesis orbital normal y otra con el párpado cerrado para dormir, estando separada de los tejidos en la región más posterior, para lograr una adecuada ventilación.

Los medios de retención de la prótesis orbitofacial son similares a los empleados en otros tipos de prótesis maxilofaciales. Estas pueden abarcar las retenciones anatómicas; los espejuelos; los agentes adhesivos cutáneos, que en climas más tropicales no da un buen resultado debido a la transpiración del paciente que ayuda a disolver, ablandarse y despegarse la prótesis, teniendo una efectividad de 48 horas de duración, después de estas horas el paciente debería retirar la prótesis, limpiarla adecuadamente así como la zona por colocar; otro medio de retención en los últimos años y con el desarrollo de innovación del área de implantología, es posible la utilización de implantes de titanio en zonas donde el tejido óseo lo permite, llegando a una unión por barras sobre las cuales se colocan imanes como medios de retención adicionales. A su vez, se pueden utilizar diferentes métodos de retención para llegar al éxito.<sup>(31)</sup>

## Tecnología digital en odontología

Las tecnologías digitales como los sistemas automáticos, recursos tecnológicos, dispositivos o analíticas de datos tienen como objetivo generar, almacenar y procesar información; Este tipo de tecnologías posibilitan la automatización de procesos, la simplificación de labores y el aumento en la productividad, fomentando de esta manera la innovación.<sup>(56)</sup>

Con el arribo de las tecnologías digitales, refiriéndonos a estas como la aparatología capaz de producir imágenes 2D o 3D procesadas digitalmente, en la era actual de la odontología, el campo de la Prótesis Maxilofacial se ha visto favorecido teniendo una mejora en los resultados funcionales y estéticos, con la ventaja de conseguir estos resultados en un menor tiempo con respecto a las técnicas arcaicas tradicionales.<sup>(57),(58)</sup>

Las herramientas digitales que considerar para el entendimiento del área de trabajo en el presente proyecto son los conceptos de flujo digital, la digitalización tratándose del escaneo de superficies tridimensionales (3D), el diseño asistido por computadora (CAD), archivos STL y la impresión tridimensional aditiva con resina mediante procesamiento digital de la luz (DLP).

### Flujo digital

El flujo de trabajo digital en la odontología funciona como una sistemática de trabajo en la que cada etapa del protocolo a trabajar: escaneado o digitalización, diseño y producción está medida por algún recurso digital.<sup>(57)</sup>

Un flujo de trabajo digital para la fabricación de prótesis faciales requiere de tres fases fundamentales:<sup>(59)</sup>

1. **Digitalización.** Es la adquisición de datos mediante el escaneo de superficies.<sup>(59)</sup>
2. **Diseño digital.** Se refiere al modelado virtual de la construcción de la prótesis en cuestión. Abarca el procesamiento de los datos adquiridos y el diseño asistido por computadora (CAD), utilizando una biblioteca digital con partes anatómicas faciales preexistentes o en dado caso la técnica de imágenes de espejo.<sup>(59)</sup>
3. **Fabricación/materialización.** Se trata de la transferencia de los datos obtenidos de la prótesis virtual construida utilizando fabricación aditiva (impresión tridimensional), también conocida como Computer Aid Manufacturing (CAM) .<sup>(59)</sup>

### Fase de escaneado/digitalización

Una opción de fuentes de digitalización es la obtenida de la aparatología de escaneado de estructuras extraorales proporcionando datos topográficos y anatómicos precisos de los pacientes sin tener contacto directo con los tejidos. De esta manera, se elimina el riesgo de variabilidad en la obtención de datos anatómicos causados durante la toma de impresión y a los inconvenientes en los pacientes de los materiales de impresión convencionales en el proceso análogo de una prótesis maxilofacial.<sup>(57),(58)</sup>

Esta digitalización nos ofrece por lo general archivos en sus conversiones en triángulos que unen dichos puntos llamados archivos STL del compuesto acrónimo Stereolithography o Standard Triangle Language. Estos archivos STL representan la geometría de la superficie de un objeto 3D.<sup>(57),(60)</sup>

Para ser más precisos, el objeto (diseño) debe ser autónomo y normalmente estar disponible en formato de archivo STL (estereolitografía, lenguaje de transformación estándar, lenguaje de teselación de superficies o lenguaje de triangulación estándar) de la interfaz estándar. El archivo STL describe la superficie de objetos tridimensionales mediante la triangulación o también conocida como teselado. Cada triángulo está definido por tres puntos de esquina y la correspondiente superficie normal del triángulo. Para superficies curvas se emplea una aproximación mediante poliedros. Incrementar el número de poliedros ayuda a minimizar el error secante, logrando una representación más detallada de la superficie del objeto con una resolución más precisa.<sup>(61)</sup>

En la actualidad, dependiendo del objetivo del trabajo, se pueden utilizar dos tipos de escáner:

- **Escáner Óptico.** Este tipo de escáner obtiene las estructuras tridimensionales a partir de un proceso denominado triangulación activa, por el cual el sensor del escáner capta la información. Se genera una luz sobre la zona anatómica a escanear que es proyectada para que el sensor del escáner capte la información dependiendo del ángulo de proyección y del patrón de sombras que se genera. De esta manera, el receptor del escáner registra el cambio de estas líneas y así el computador puede calcular los datos tridimensionales de la imagen obtenida del receptor. Las fuentes de iluminación pueden ser proyección de luz blanca o cono láser dependiendo del sistema.<sup>(62)</sup>
- **Escáner mecánico.** Para este sistema es necesario la obtención de un modelo maestro a través de una toma de impresión, este modelo es leído por un sensor o bola de zafiro que utiliza diferentes diámetros según el caso. De esta manera, el registro de la superficie del modelo de yeso es recorrido mecánicamente y leído por el zafiro en cada ángulo de rotación. Así, la información se transmite al programa hasta conformar una imagen 3D.<sup>(62)</sup>

Haciendo referencia a lo antes mencionado, podemos aludir que, en la fase de la digitalización, se toman impresiones digitales del paciente mediante el escaneado óptico sin contacto para obtener una representación tridimensional de la persona. Por lo tanto, el escaneo láser compone una “impresión virtual” que registra los datos morfológicos interesados a tratar junto con elementos adyacentes de conveniencia, obteniendo así un archivo STL que funcionará para la elaboración de la prótesis maxilofacial.<sup>(63)</sup>

Desde la perspectiva de un flujo de trabajo digital, esta fase de digitalización resulta eficiente, permitiendo a estos sistemas la rápida obtención de imágenes sin una pérdida significativa de tiempo clínico y productividad. Otra ventaja de esta tecnología digital es la

disminución en la radiación a los pacientes ya que las imágenes se obtienen de una sola intención y no en varios sectores como lo sería en una tomografía computarizada normal.<sup>(64)</sup>

## Fase de diseño digital (CAD, Computer-Aid Design)

Es la fase donde se abarca todo lo correspondiente al diseño asistido por computador. Esta etapa permite confeccionar y/o modificar el diseño por realizar. Se utilizan software que permiten realizar la optimización de los trabajos siguiendo criterios de diseño y fabricación. Dentro de estos software para trabajar la prótesis maxilofacial en específico, tenemos algunos de licencia libre como Autodesk, Meshmixer, Blender y algunos de pago como ZBrush. A su vez, con relación al campo por parte de laboratorios de prótesis dental existen los software más prestigiosos de IN LAB de Dentsply Sirona, Dental System de 3Shape y CAD Design de Exocad. Al concluir la fase de diseño, este paso es almacenado en un archivo STL para que de esta manera pueda ser enviado al equipo de procesado para la fabricación del trabajo.<sup>(57)</sup>

## Fase de Fabricación/Materialización

Posterior a la fase de diseño digital, está la fase de fabricación o producción de las prótesis. En la que el archivo digital 3D obtenido mediante los softwares de diseño necesita ser producido. Para esto, las tecnologías digitales actuales nos presentan 2 maneras de materialización, las técnicas de fabricación por adición y las técnicas de fabricación por sustracción:<sup>(57)</sup>

- **Fabricación por sustracción.** En esta técnica, se crea un objeto a partir de una pieza en bruto mediante fresado, rectificado, taladrado, torneado o pulido utilizando herramientas específicas. Dentro de ésta se encuentra el fresado, mecanizado por electroerosión y la ablación láser. Hablando desde una perspectiva procedimental y ecológica, este tipo de fabricación tiene la desventaja de que la resolución de la superficie está limitada por el radio más pequeño de herramienta, además de que el fresado controlado por computadora puede llegar a representar hasta el 90% de pérdida del material. Asimismo, la metodología sustractiva presenta una limitación en cuanto al número de objetos que puede producir en una operación de mecanizado y carece de la capacidad para replicar figuras geométricas más elaboradas.<sup>(57),(61)</sup>
- **Fabricación por adición.** Es una metodología alternativa para reproducir archivos CAD. Todos los procedimientos de fabricación aditiva, se siguen un patrón común: a partir de la base de datos de diseño 3D, se construye el objeto físico mediante la aplicación progresiva de finas capas de material. Se utilizan además términos sinónimos como “proceso generativo”, “creación rápida de prototipos” e “impresión 3D”.<sup>(61)</sup>

A contrario de las técnicas sustractivas, los procesos aditivos tienen la capacidad de economizar material y generar formas geométricas más complejas. Por consiguiente, este enfoque de fabricación resulta una solución idónea en el ámbito dental.<sup>(61)</sup>

## Estereolitografía y procesamiento digital de luz

La estereolitografía (SLA) representa el método más antiguo y prevalente de impresión 3D en el ámbito odontológico. Esta técnica se clasifica según el desplazamiento de la plataforma de construcción y el movimiento del láser. El principio subyacente en la SLA radica en la construcción por capas de un objeto elaborado a partir de un monómero líquido fotosensible a los rayos UV, que experimenta la polimerización y solidificación mediante la acción de un láser.<sup>(61)</sup>

En adición a la activación del monómero mediante un láser en el proceso SLA, otra técnica comúnmente utilizada es el procesamiento de luz digital (DLP), una variante de la SLA basada en proyección. En este tipo de tecnología DLP, un microsistema incorpora espejos rectangulares ajustables individualmente, llamados dispositivos de microespejo digital. Estos microespejos actúan como interruptores de luz y proyectan la luz desde la fuente como píxeles individuales en la superficie de proyección.<sup>(61)</sup>

A diferencia de la técnica SLA convencional, la ventaja de la DLP radica en que cada capa puede curarse con un solo disparo de exposición al láser, lo que agiliza el tiempo de construcción, ya que no es necesario escanear cada área de forma secuencial con el láser. En esencia, la secuencia del proceso de impresión en las técnicas SLA y DLP se puede desglosar en tres fases distintas: la exposición a la luz, el desplazamiento de la plataforma y la recarga de resina.<sup>(61)</sup>

## Antecedentes

---

En las últimas décadas se ha presenciado una evolución en cuanto al concepto de los procesos técnicos con tecnologías asistidas por computadora. A finales de los años 80s y comienzos de los 90s, el uso de prototipos rápidos y modelado médico (Bio-modelling) abrieron camino a la evolución continua de las imágenes tridimensionales y todas las técnicas digitales en cuanto a planificación, diseño y fabricación de dispositivos protésicos.<sup>(65)</sup>

La aplicación de las herramientas tecnológicas en el ámbito clínico respecto al área de prótesis maxilofacial implica la utilización de un amplio conjunto de tecnologías para la adquisición de datos, el diseño digital, la selección de colores y la fabricación digital con el objetivo de lograr resultados clínicos optimizados.<sup>(66)</sup>

En el año 2014 Watson et al. realizaron un informe describiendo el empleo de diversas tecnologías digitales aplicadas a la fabricación de prótesis auriculares destinadas a tres pacientes que presentaban ausencia unilateral del pabellón auricular. Para esto, inicialmente se tomó una impresión convencional con material hidrocoloide irreversible del lado sano obteniendo un modelo de yeso que se recortó y procesó para aplicar el uso de un escáner láser de luz estructurada; posteriormente, los datos digitalizados fueron procesados en un software y reflejados para crear el lado opuesto. Se procedió a fabricar un modelo tridimensional del tejido blando necesario mediante una máquina de prototipado rápido. De esta manera, los autores presentaron limitaciones como los costos del funcionamiento y mantenimiento del hardware y software incluyendo la capacitación necesaria para el uso de estas tecnologías, aunque a su vez mencionan que el sistema digitalizado logra la reproducción de una prótesis auricular con mayor precisión y en menor tiempo clínico.<sup>(66)</sup>

En el mismo año, Yonhe et al. demostraron en su artículo la manera de fabricar moldes para prótesis de tejidos blandos (ojo, nariz y oído) con una impresora 3D; a este respecto, el método para la elaboración se denominó "Scanning Printing Polishing Casting" (SPPC). Primero se escaneó la anatomía con un escáner 3D, después se diseñó un molde de fundición negativo del tejido por computadora utilizando un software de modelado 3D como 3D Max, Rhinoceros o SolidWorks y se imprimió con una impresora 3D de escritorio usando copolímeros de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). Para finalizar, utilizaron un método de pulido químico para el molde con vapor de acetona y así poder adquirir una superficie lista y como último paso fundieron la silicona de grado médico en el molde. En cuanto al análisis de costos, concluyen que la fabricación con una impresora 3D de escritorio es insignificante, de aproximadamente 29.1 dólares y asumen que esta técnica de mold-casting es la más preferible.<sup>(67)</sup>

Más tarde, Medellín-Castillo et al. en 2016, con base al análisis del método tradicional propusieron un nuevo método de diseño y fabricación de prótesis faciales basado en el uso de técnicas modernas de la ingeniería en donde su metodología consta de las siguientes etapas:

1. Obtener la información digital del paciente por medio de imágenes médicas (CT, MR y/o escaneo 3D).
2. Procesamiento de estos datos con el objetivo de generar modelos anatómicos en 3D (modelos CAD).
3. Diseño y reconstrucción anatómica de la prótesis con un sistema CAD.
4. Fabricación rápida del modelo o molde anatómico con técnicas de prototipado rápido.
5. Post-procesamiento del modelo anatómico con el fin de generar una prótesis final de acuerdo con los materiales y características del diseño.

A su vez, para evaluar y analizar este método presentaron un caso acerca de diseño y fabricación de una prótesis auricular empleando ingeniería inversa (RE) utilizando el software de SolidWorks® que consta de los pasos siguientes:

1. Importación de datos escaneados en forma de nube de puntos o mallas.
2. Pre-procesamiento de los datos importados, remover ruido, suavizar superficie, simplificar, etc.
3. Creación de una malla a partir de la nube de puntos, esto implica el pre-procesamiento, la reparación de la topología y el rellenado de agujeros.
4. Creación de superficies basadas en la malla, utilizando la creación automática de superficies incluyendo la alineación y registro de múltiples piezas de la malla.
5. Exportación de las superficies reconstruidas a un sistema CAD donde se convierte en un modelo sólido para así obtener un archivo STL para manipularlas, agregar características y terminar de detallar el modelo.

Para este caso contemplaron tres opciones:

1. Fabricación directa de la oreja faltante en silicón de grado médico.
2. Fabricación de un molde con la forma de la oreja faltante.
3. Fabricación de la oreja faltante en cera rosa “toda estación”.

Ante esto, descartaron la primera opción debido a que la prótesis debía de tener una base diseñada según la forma específica del conducto auditivo restante del paciente asegurando un ajuste preciso, además de requerir un match ideal de color y textura de la prótesis con el paciente. La segunda opción también fue descartada debido a la complicada anatomía de la oreja, por lo que la fabricación del molde se tornaba como una tarea compleja y laboriosa obteniendo un molde poco práctico y con problemas de desmolde de la misma pieza. A causa de esto, se eligió la tercera opción como la más viable; para que así el clínico pudiera moldear la base de la oreja. Para ello, el proceso de manufactura rápida comenzó importando el archivo STL al programa SRP Player® del sistema Roland utilizando la máquina Roland MDX 40A. Con esto destacaron que la calidad, geometría y acabado de la prótesis no dependen de la habilidad

y experiencia del clínico; que la necesidad de precisión y exactitud en aplicaciones médicas vinculadas a las prótesis faciales posibilitan la utilización de sistemas de escaneo 3D. Finalmente, mencionaron la importancia de que esta metodología planteada debe ser adaptada para casos en particular.<sup>(42)</sup>

De manera similar, para el 2018, Unkovskiy et al. presentaron la implementación inicial de una prótesis nasal fabricada mediante impresión aditiva de silicona. Emplearon dos sistemas de escaneo extraoral para digitalizar la estructura facial y el defecto en cuestión. El diseño de la prótesis nasal se llevó a cabo utilizando un software de licencia libre (ZBrush Software; Pixologic Inc) sin plantillas estándar y finalmente se imprimieron dos prótesis de silicona; éstas se post procesaron mediante un sellado manual y aplicación de color, sin embargo, no lograron la adecuada adaptación marginal ni la caracterización ideal de colores, por lo que el resultado clínico solo fue aceptable para funcionar como prótesis provisional. Como resultado demostraron que es posible el uso del flujo de trabajo digital y mencionaron que este tipo de enfoque puede convertirse en una alternativa de tratamiento reduciendo el tiempo clínico en comparación con un enfoque convencional y de la misma manera poder brindar una estética aceptable.<sup>(68)</sup>

En el mismo año, Jamayet et al. describieron una técnica rápida y precisa para producir prótesis auriculares utilizando esta misma tecnología (CAD/CAM) y una máquina de creación rápida de prototipos. Para esto, comenzaron por tomar una impresión del oído sano y una del defecto auricular y así obtener un modelo en yeso dental tipo IV. Después con un escáner láser portátil (Next Engine Desktop 3D Scanner, modelo 2020i) escanearon el modelo de la oreja y así obtuvieron las imágenes 3D. Estos datos los importaron al software Rapidworks64 en donde se fusionaron las imágenes, se repararon, se editó el ruido y las alinearon según la posición; el modo malla del software lo utilizaron para reparar ciertos defectos y a su vez se utilizaron herramientas para refinar los datos escaneados; con esto crearon una imagen y aplicaron la función de malla reflejada; después con la función de división cortaron la base, engrosaron la malla para una correcta impresión y exportaron la imagen en formato STL. Imprimieron el modelo utilizando la impresora 3d Objet30 Scholar. Con silicona de grado industrial produjeron un molde a partir del objeto impreso y crearon una réplica de la oreja en cera para modelar; esta réplica la adaptaron al modelo del lado defectuoso y la utilizaron para realizar una prueba final y cerciorarse de un adecuado ajuste en el paciente. A partir de este ajuste, crearon un molde de tres piezas y se agregó la silicona. Finalizaron con la caracterización de la prótesis y retención de ésta mediante adhesivo soluble en agua. Con esto comprueban que el uso del CAD/CAM y la creación rápida de prototipos en la fabricación de prótesis maxilofaciales ahorra tiempo y esfuerzo clínico; redujeron al menos 2 - 3 citas durante 1 - 2 semanas requeridas en comparación a la técnica convencional. Destacaron que su propuesta facilita la fabricación rápida de un prototipo y una prueba clínica para realizar los ajustes necesarios de adaptabilidad y obtener un resultado estético favorable.<sup>(69)</sup>

Siguiendo en ese año, el autor Jazayeri et al. presentaron una revisión sistemática acerca de una manera efectiva de la fabricación de prótesis craneofaciales. Donde mencionan la preferencia de la captura digital de datos y la creación rápida de prototipos a comparación de los encerados e impresiones convencionales debido a la rápida velocidad de trabajo, la comercialización y la precisión del diseño. Para esto, mencionaron que después de escanear el defecto facial y digitalizar las imágenes, se realiza un diseño 3D capa por capa compuesta de varios cortes donde hacen ajustes virtuales para producir la prótesis personalizada del paciente; ante esto, también hacen mención de que las subestructuras para ensamblar y posicionar la prótesis también son diseñadas de manera similar y una vez terminado el diseño, los archivos en STL se mandan a una impresora 3D.<sup>(70)</sup>

En una revisión sistemática del 2020 elaborada por Farook et al. evaluaron artículos sobre el flujo de trabajo digital, CAD, la creación rápida de prototipos y el procesamiento digital de imágenes acerca de la prótesis maxilofacial. En cuanto a las prótesis nasales los métodos más comunes encontrados en cuanto a la adquisición de datos fueron la tomografía computarizada, la fotogrametría y los escáneres láser; para el procesamiento de imágenes se utilizó comúnmente el sistema CAD usando comúnmente los softwares Geomagic, ZBrush, Rapidform, Freeform Model Plus, Spectrum 510 y Z-corporation, donde el principal objetivo del software utilizado fue diseñar una prótesis virtual triangulando ésta con la línea media facial y fusionar las periferias con el tejido sano escaneado. Encontraron preferencia en el diseño e impresión de un molde. Respecto a prótesis auriculares, se prefirió el escaneo láser; en cuanto a defectos unilaterales se empleó el sistema CAD con softwares como Artec Studio, Geomagic, Freemorm Modeling Software, Meshmixer, Rapidform, Zbrush, entre otros, para con este reflejar en forma espejo el tejido sano hacia el lado del defecto y mencionaron la necesidad de una biblioteca digital para defectos bilaterales; para esta prótesis de igual manera se prefirió la impresión de un molde y fabricación de ésta con la técnica tradicional para evitar problemas de ajuste en el paciente y caracterización de la misma. En relación con las prótesis orbitarias hicieron referencia a un flujo de trabajo digital similar a las prótesis auriculares donde se prefirió la fotogrametría 3D y el escaneo láser y en algunos casos se llevó a cabo la impresión directa de la prótesis, no obstante registraron que esta fabricación directa presentaba un desafío respecto a la reconstrucción del volumen apropiado y la dificultad de reflejar el globo ocular sano, por lo que los únicos casos de éxito encontrados fueron de iris diseñado e impreso digitalmente.<sup>(71)</sup>

Otro caso de rehabilitación de un defecto auricular mediante el uso de una prótesis de silicona impresa directamente se describe en el año 2021 por el autor Unkoskiy et al. donde la integración virtual de los datos digitales en CAD ayudó a la fabricación más precisa; al tener la prótesis de silicona impresa se le realizó una aplicación de silicona adicional en los bordes periféricos para obtener un ajuste marginal más preciso y estético. Con esto infieren que el flujo

de trabajo digital es el camino al éxito, sin embargo, se requieren más avances tecnológicos en cuanto al hardware.<sup>(72)</sup>

Para el mismo año, Cristache et al. introdujeron una revisión sistemática acerca de la actualización de flujo de trabajo digital sobre la adquisición, edición y diseño de datos de defectos maxilofaciales utilizando un software de código abierto. Estos autores hicieron referencia a que en los últimos 20 años la literatura al respecto ha demostrado una alta viabilidad de cambiar un flujo de trabajo convencional el cual depende de las habilidades del clínico, un alto consumo de tiempo, alto costo y ciertas incomodidades para el paciente y, por tanto, se convierte en un flujo de trabajo digital simplificado y predecible utilizando tecnología CAD/CAM. A su vez mencionaron que los software utilizados para este proceso son costosos y no suelen ser utilizados con el fin específico de esta área, lo que puede volver el flujo de trabajo un tanto complicado; a su vez realizaron la sugerencia de crear bibliotecas digitales 3D con variedad de morfologías para hacer el proceso más corto y sencillo; asimismo afirmaron que a pesar de los avances de la prótesis maxilofacial en la tecnología digital, es requerimiento dar pasos importantes para simplificar los métodos de adquisición de datos, facilitar el acceso a los programas de diseño mediante la reducción de costos y la creación de plataformas digitales más amigables para el usuario, así como mejorar la estética y ajuste periférico de las prótesis finales, además de suministrar y crear materiales biocompatibles para la impresión directa de éstas.<sup>(2)</sup>

De última instancia, Yunpeng Bi et al. a finales del 2023 plantearon una rehabilitación maxilofacial de un defecto nasal total describiendo un flujo de trabajo totalmente digital para diseñar patrones virtuales y moldes negativos mediante el uso de una prótesis estética. Por consiguiente, los autores mencionaron la importancia de implementar procedimientos de diseño simples y efectivos para desarrollar un proceso de trabajo completamente digital. A pesar de ello, citaron que la literatura publicada se ha centrado únicamente en la adquisición de datos faciales y solamente han presentado el último patrón o prótesis. En el procedimiento que fue descrito por los autores, el patrón de prótesis lo dividieron en tres superficies: la externa, la calcográfica y la región adhesiva; en donde la modificación directa y completa de la curva de contorno permitió un control preciso sobre el borde de la prótesis, que a su vez sirvió como un punto inicial para la creación del molde negativo. De este modo, los autores llegaron a la conclusión de que en la época actual es posible diseñar y fabricar una prótesis a partir de un molde negativo mediante un proceso relativamente sencillo y simplificado utilizando tecnología digital.<sup>(73)</sup>



**Capítulo**  
*Capítulo*

## Planteamiento del problema

---

La necesidad de rehabilitación a través de prótesis maxilofaciales para pacientes con anomalías o defectos en el maxilar, mandíbula, ojos, puente nasal, pabellón auricular externo, entre otros, ha experimentado un crecimiento significativo. Este aumento se atribuye a diversos factores, incluyendo el incremento en la esperanza de vida de los pacientes con cáncer. En este sentido, es importante destacar que el cáncer de cabeza y cuello ocupa el sexto lugar en el mundo en términos de prevalencia, representando un 3.2 % del total de casos de cáncer a nivel global. Además de los pacientes con antecedentes de cáncer, esta creciente necesidad de rehabilitación también se extiende a individuos que presentan malformaciones congénitas, así como aquellos que enfrentan el desarrollo de enfermedades sistémicas. Es relevante mencionar que un alto índice de accidentes de tránsito y la presencia de violencia social también han contribuido a esta demanda en aumento.<sup>(9)</sup>

El protesista maxilofacial generalmente proporciona dispositivos (prótesis) para la restauración de los defectos presentados en el paciente, para devolver la estética y la función a pacientes con dificultades de rehabilitación protésica muchas veces después de haber sido sometidos a cirugías plásticas. A pesar de los avances en los tratamientos quirúrgicos de los defectos maxilofaciales, en varias ocasiones éstos no pueden ser rehabilitados satisfactoriamente solamente con cirugía.<sup>(74)</sup>

En la actualidad, el proceso de diseño y creación de prótesis maxilofaciales tradicionales se caracteriza por ser extenso, intenso y laborioso, implicando el uso de múltiples técnicas invasivas y subjetivas. A pesar de que algunas de estas técnicas han sido validadas y adoptadas para la confección de prótesis maxilofaciales, todas ellas presentan ciertas limitaciones significativas.

En relación con la técnica convencional de impresión, es importante señalar que puede resultar en la deformación del tejido blando debido a la presión ejercida por el material de impresión, lo que puede causar molestias e incomodidad en los pacientes. Además, al considerar los siguientes pasos en el proceso de elaboración, las técnicas tradicionales de tallado para la creación de modelos de cera son notoriamente complicadas. Requieren extensas horas de trabajo y dependen en gran medida de una habilidad artística y destreza manual minuciosa para lograr un resultado funcional y estéticamente satisfactorio. Estas limitaciones resaltan la necesidad de explorar enfoques más eficientes y menos invasivos en el diseño y fabricación de prótesis maxilofaciales.<sup>(2)</sup>

En el campo de la rehabilitación protésica, una de las áreas más frecuentes de intervención comprende las prótesis orbitofaciales, nasales y auriculares. En este estudio, hemos decidido centrarnos en el diseño y la fabricación digital de estas prótesis, aprovechando los

avances recientes en tecnología digital. Este enfoque nos permite aprovechar las ventajas de las innovaciones tecnológicas para mejorar la precisión, la eficiencia y la calidad en la creación de prótesis en estas áreas específicas.<sup>(6),(75)</sup>

Además, en el sistema de salud pública, cuando el servicio existe y está cubierto, existen pacientes que esperan entre 6 meses y 2 años para su rehabilitación, esto debido tanto a la alta demanda de pacientes que requieren una rehabilitación, como al tiempo de trabajo que conlleva realizar las prótesis maxilofaciales. Por lo general, una vez obtenida la cita, los pacientes solo pueden ser atendidos durante un período de entre 30 minutos y 2 horas por cita debido a la escasez de tiempo y la alta demanda de este tipo de rehabilitaciones.<sup>(4)</sup>

## Justificación

---

El deseo de preservar o restaurar las características craneofaciales es una preocupación humana que nos acompleja desde tiempos remotos de la humanidad. La prótesis maxilofacial compone una disciplina médica y odontológica cuyo fin es el sustituir una parte corporal ausente o alterada por un dispositivo artificial. El empleo de nuevas técnicas y la utilización de recursos digitales para la rehabilitación de pacientes con afecciones maxilofaciales representan un área innovadora de desarrollo dentro de esta área. Actualmente, las tecnologías aditiva y sustractiva han sido una revolución en el campo digital, son herramientas que podemos adecuar a la prótesis maxilofacial mediante la complementación a través del desarrollo de una herramienta de flujo de trabajo digital para la obtención de dichas prótesis. En este contexto, se le brindaría al paciente un reemplazo o mejora del órgano afectado con un ajuste personal y perfecto al defecto, con un diseño anatómico complejo y en un tiempo considerablemente más corto.<sup>(76)</sup>

Publicaciones recientes en la literatura describen nuevas técnicas y perspectivas aún en fase experimental, éstas están basadas en la transferencia de datos (escáneres convertidos en archivos digitales) desde imágenes médicas como tomografías computarizadas, etc. hasta la creación rápida de prototipos utilizando la impresión 3D con capas aditivas; este tipo de tecnología aún no es utilizada de forma rutinaria, pero propone un diseño rápido de prótesis maxilofaciales perfectamente adaptadas a la anatomía y estética del paciente.<sup>(52)</sup>

El avance tecnológico del desarrollo de las prótesis maxilofaciales tradicionales se encuentra en un punto de cambio en cuanto a innovación, en el que es factible que diversas tecnologías 3D transformen la fabricación de las prótesis tradicionales. Las nuevas técnicas de escaneo óptico posibilitan la reproducción rápida y de alta resolución de topografías de superficie con una precisión de  $<100 \mu\text{m}$  y al mismo tiempo pueden capturar datos relevantes como la textura de la piel del paciente. Una ventaja de esta innovación se encuentra en la manera no invasiva de la obtención de datos, lo que ayuda en gran medida a la aceptación potencial de esta tecnología a nivel clínico. A su vez, el software de diseño asistido por computadora nos permite cómodamente el manejo de datos de escaneo 3D para crear un diseño completo con la ventaja de permitir el almacenamiento digital de cada diseño y reproducir fácil y rápidamente un diseño digital de alta resolución; este manejo de archivos digitales al aplicarse a la fabricación de las prótesis maxilofaciales se compara favorablemente con las técnicas tradicionales de la confección manual.<sup>(77)</sup>

Por otra parte, a través de este proyecto se buscará conseguir cerrar la brecha de desigualdad dentro de la población creada en el contexto socioeconómico; para así, crear oportunidades de acceso a la atención integral y a las posibilidades de tratamiento a la población que más lo requiere.

Con esto, se pretende complementar y fortalecer la manera tradicional del diseño y elaboración de la prótesis maxilofacial, específicamente de prótesis orbitofaciales, auriculares y nasales. Además de resolver una gama de inconvenientes como: factores económicos, de tiempo y de habilidades clínicas. Siendo significativa la solución del problema debido a la adaptación de esta área de rehabilitación a la era digital.

De esta manera, se propone el desarrollo de este proyecto a través de la implementación de tecnología de flujo digital, enfocándonos en la enseñanza de la rehabilitación maxilofacial a través de la digitalización de la cabeza y rostro de los pacientes con defectos, para así mediante el uso de dos programas de diseño digital realizar el diseño de la prótesis maxilofacial que requiera el paciente y finalmente obtener dicha prótesis a través de la impresión 3D.

## Objetivo general

---

Desarrollar un manual digital con la descripción de pasos a través de una herramienta de flujo de trabajo digital, basado en dos programas de computadora de diseño digital para la elaboración de prótesis maxilofaciales a través de la impresión 3D.

## Objetivos específicos

---

1. Desarrollar el método de elaboración de prótesis bucomaxilofacial a través de dos programas de diseño digital.
2. Reducir tiempos de trabajo durante el diseño y obtención de las prótesis maxilofaciales.
3. Implementar una manera práctica y eficaz para el diseño y obtención de prótesis maxilofaciales.
4. Diseñar una herramienta electrónica interactiva del manual.

## Hipótesis

---

El desarrollo de un manual de diseño digital de prótesis maxilofacial guía y beneficia en cuestión de tiempos, costos y habilidades clínicas al estudiante de odontología y al protesista maxilofacial.



**Capítulo**  
*Capítulo*

## Materiales y métodos

---

# Desarrollo del manual de diseño digital para prótesis bucomaxilofaciales

## Materiales

### Materiales, instrumental y equipo

- Computadora
- Software de diseño ZBrush y MeshMixer
- Software de diseño InDesign
- Software de edición de videos

## Método

Para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo la siguiente metodología iniciando con la capacitación mediante dos cursos electrónicos dedicados al diseño digital. Estos dos cursos nos proporcionaron las bases necesarias que luego adaptamos específicamente al área de la Prótesis Maxilofacial.

Con las bases del diseño digital obtenidas, se comenzó a experimentar y practicar con prototipos, utilizando un enfoque de prueba y error para el diseño de prótesis bucomaxilofaciales, comenzando con una prótesis auricular. Este proceso nos permitió sistematizar los pasos del diseño digital, identificando las mejores prácticas y refinando nuestro enfoque con el resultado de un flujo de trabajo digital.

Una vez obtenido el flujo de trabajo establecido y optimizado, nos enfocamos en la creación de recursos audiovisuales educativos. Se desarrollaron una serie de video tutoriales detallando cada paso del proceso de diseño digital de las prótesis, con el fin de ser integrados al resultado final del proyecto.

Finalmente, se diseñó y desarrolló un manual interactivo de diseño digital para prótesis bucomaxilofaciales, describiendo la metodología seguida a continuación:

## Manual de diseño digital. Prótesis Bucomaxilofacial

En los últimos años, los avances tecnológicos han revolucionado el mundo, incluyendo el campo de la odontología; sin embargo, el área de Prótesis Bucomaxilofacial ha presentado una visibilidad insuficiente de toda la población para reconocer la importancia de esta área. Es por ello, que, en este contexto de innovación, nos sumergimos en el desarrollo y creación de una herramienta digital para el diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales. Este manual busca consolidar los conocimientos y prácticas envueltos en la creación de diseños digitales de las prótesis, impulsando así la creatividad, el desarrollo de habilidades y la innovación del usuario.

De esta manera, el manual que hemos estructurado abarca un total de 13 unidades, cada una diseñada para proporcionar una experiencia de aprendizaje integral y enriquecedora. Cada unidad comienza con una breve introducción que sitúa al lector en el tema a tratar, seguida de objetivos específicos de aprendizaje que guiarán al usuario hacia un entendimiento claro sobre lo que puede esperar aprender sobre los conceptos presentados. Además, se incluye una explicación teórica que presenta el contexto necesario para comprender los conceptos. Para complementar la experiencia del usuario y crear un aprendizaje dinámico y accesible, cada unidad cuenta con un video tutorial que ilustra de manera práctica los conceptos teóricos, facilitando así la asimilación y aplicación del conocimiento. Este tipo de enfoque integral está diseñado para que los estudiantes o cualquier usuario pueda abordar cada tema de manera estructurada, significativa y efectiva.

A continuación, se presenta de manera textual el manual descrito:

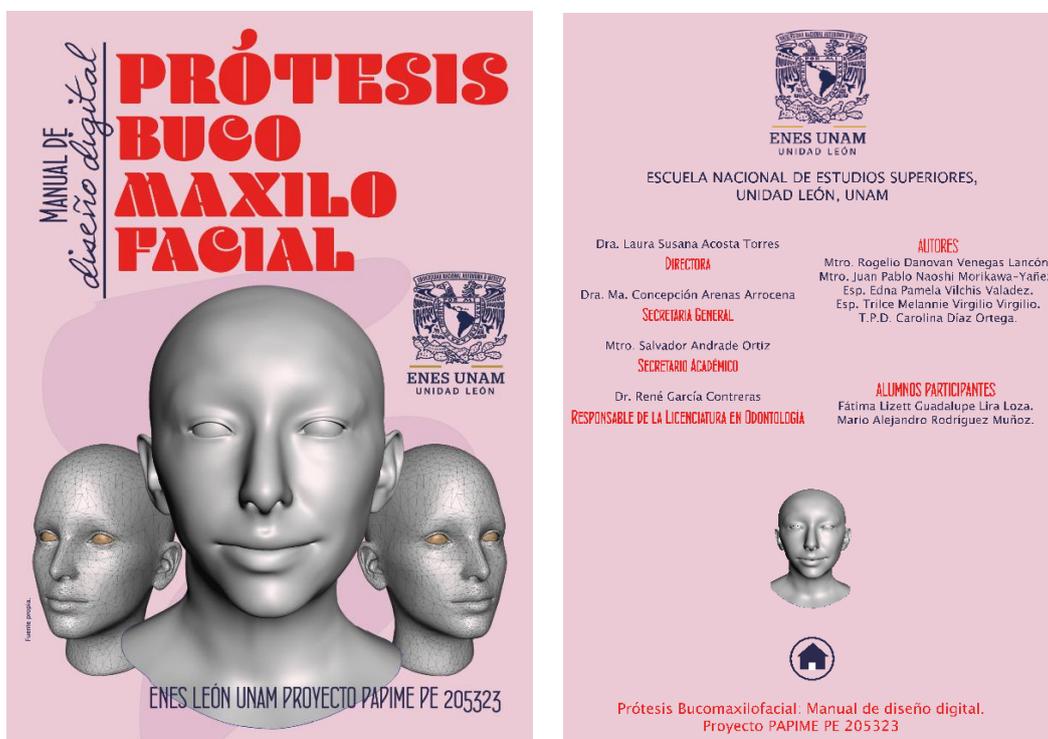


Fig. 7. Portada y contraportada del Manual de diseño digital. Prótesis Bucomaxilofacial. Fuente propia.

## Introducción

La creación de prótesis bucomaxilofaciales ha experimentado una revolución significativa gracias a los avances tecnológicos y el diseño asistido por computadora. Imagina adentrarte en el mundo del diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales y descubrir un universo donde la tecnología se une con la creatividad para fusionar conocimientos, habilidades y arte para cambiar la vida de pacientes de una manera excepcional. Por lo que este manual va mucho más allá que ser una simple guía; es una ventana hacia un futuro donde la innovación y el ingenio se unen para ofrecer soluciones extraordinarias a problemas invisibilizados en la sociedad.

El objetivo general del manual es guiar a los usuarios a lo largo del proceso de fabricación de prótesis faciales utilizando dos software destacados en escultura digital: Meshmixer y ZBrush. Con estas potentes herramientas, los estudiantes de odontología de la ENES León de la UNAM podrán explorar el fascinante mundo de la escultura digital para crear prótesis bucomaxilofaciales personalizadas que no solo resuelvan necesidades funcionales, sino que también abracen la estética, la precisión anatómica y la innovación tecnológica.

El propósito fundamental de este manual es proporcionar a los usuarios, desde principiantes hasta expertos en diseño 3D, una guía teórica integral que los lleve a través de cada fase del proceso del flujo de trabajo digital. Al seguir las instrucciones reportadas en el manual, los usuarios podrán aprovechar al máximo las capacidades de las dos herramientas digitales para modelar, esculpir, texturizar y perfeccionar prótesis bucomaxilofaciales con detalles sorprendentes.

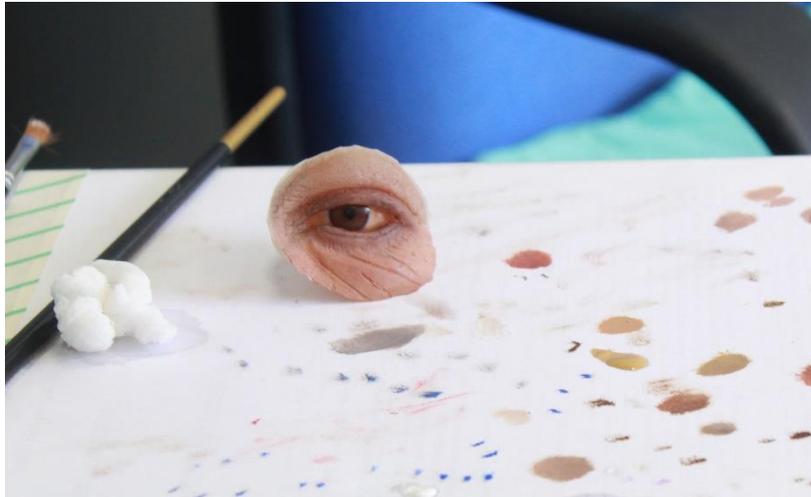
Además, a lo largo del manual, se encontrará una invitación a explorar nuevas fronteras en el campo de la Prótesis Bucomaxilofacial. ¿Cómo? A través de video tutoriales que guiarán paso a paso cada etapa del proceso. Estos videos no solo son herramientas educativas que ofrecen testimonios visuales, sino también fuentes de inspiración que despiertan la imaginación y alimentan la pasión por la innovación. Así que prepárate para dejarte sorprender, para inspirarte y para descubrir un mundo donde cada prótesis diseñada es mucho más que un dispositivo artificial; es una historia de sueños y esperanza que devuelve una parte invaluable de la identidad perdida del paciente. Cada prótesis facial representa un logro en la fusión del arte, la innovación y la tecnología, y estos tutoriales actúan como faros que guían a los usuarios hacia el resultado final deseado.

La creación de una prótesis facial es un proceso fascinante y complejo que inicia con la captura precisa del modelo facial mediante escaneo 3D reconociendo la singularidad de cada paciente, posteriormente el proceso se adentra en la transformación digital donde las herramientas de diseño digital son utilizadas y culmina con la materialización física a través de la impresión 3D convirtiendo el diseño digital en una realidad tangible.

Para que los usuarios tengan una visión panorámica, hemos incorporado un diagrama de flujo detallado que desglosa cada etapa del proceso. Este manual se convierte así en una brújula confiable, guiando a los estudiantes o cualquier usuario desde la primera exploración del modelo facial hasta la aplicación práctica de la prótesis.

En resumen, este manual representa un viaje emocionante hacia la integración de la tecnología y el arte, donde los usuarios descubrirán su capacidad para dar forma y vida a soluciones que mejoran significativamente la calidad de vida de quienes las necesitan.

*¡Bienvenidos a este viaje de creatividad y empoderamiento tecnológico!*



*Fig. 8. Prótesis orbitofacial. Fuente propia.*

## Objetivo del manual

- Capacitar a los usuarios a través de instrucciones claras y visuales para la creación de prótesis bucomaxilofaciales de alta calidad con precisión anatómica, funcional y estética, proporcionando una guía detallada del paso a paso sobre el proceso de fabricación utilizando las herramientas de modelado tridimensional: Meshmixer y ZBrush.

## Contenido temático del manual:

1. Generalidades
2. Requisitos previos
3. Escaneo facial
4. Introducción a ZBrush
5. Navegación en ZBrush
6. Brochas en ZBrush
7. Alphas en ZBrush
8. Máscaras en ZBrush
9. Introducción a Meshmixer
10. Diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial
11. Diseño digital de la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial
12. Modelado, texturizado y acabado digital de la prótesis bucomaxilofacial
13. Aprendizaje activo

Fuente propia.

## Contenido

Protesis Bucomaxilofacial: Manual de diseño digital. Proyecto PAPIIME PE 203323

<b>01</b>	<b>Generalidades</b> .....8 OBJETIVO DEL MANUAL DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
<b>02</b>	<b>Requisitos previos</b> .....13 CONSIDERACIONES PREVIAS EQUIPO REQUERIDO SOFTWARE REQUERIDO MATERIALES NECESARIOS
<b>03</b>	<b>Escaneo Facial</b> .....19 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE INSTALACIÓN DEL EQUIPO PARÁMETROS DEL PROGRAMA CAPTURA DE IMAGEN PROCESADO DE LA MALLA POST-PROCESADO DE LA MALLA VIDEO TUTORIAL
<b>04</b>	<b>Introducción a ZBrush</b> .....26 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE INICIAR EL PROGRAMA LIGHT BOX VIDEO TUTORIAL

← 2 →

Fuente propia.

## Contenido

Protesis Bucomaxilofacial: Manual de diseño digital. Proyecto PAPIIME PE 203323

<b>05</b>	<b>Navegación en ZBrush</b> .....30 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE BARRAS DE HERRAMIENTAS Y VENTANAS GUARDAR ARCHIVO VIDEO TUTORIAL
<b>06</b>	<b>Brochas o Brushes en ZBrush</b> .....35 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE TIPOS DE BRUCHAS VIDEO TUTORIAL
<b>07</b>	<b>Alphas en ZBrush</b> .....39 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE TIPOS DE ALPHAS VIDEO TUTORIAL
<b>08</b>	<b>Máscaras en ZBrush</b> .....43 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE TIPOS DE MÁSCARAS VIDEO TUTORIAL

← 3 →

Fuente propia.

## Contenido

Protesis Bucomaxilofacial: Manual de diseño digital. Proyecto PAPIIME PE 203323

<b>09</b>	<b>Introducción a Meshmixer</b> ..... 47 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MENÚ PRINCIPAL PANEL DE FUNCIONES VENTANA OBJECT BROWSER VIDEO TUTORIAL
<b>10</b>	<b>Diseño Digital de la Base Protésica Bucomaxilofacial</b> .....51 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE PROCEDIMIENTO VIDEO TUTORIAL
<b>11</b>	<b>Diseño Digital de la Estructura Anatómica de la Protésis Bucomaxilofacial</b> .....56 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE PROCEDIMIENTO VIDEO TUTORIAL

← 4 →

Fuente propia.

## Contenido

Protesis Bucomaxilofacial: Manual de diseño digital. Proyecto PAPIIME PE 203323

<b>12</b>	<b>Modelado, Texturizado y Acabado Digital de la Protésis Bucomaxilofacial</b> .....61 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE PROCEDIMIENTO VIDEO TUTORIAL
<b>13</b>	<b>Aprendizaje Activo</b> .....66 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE APLICACIÓN PRÁCTICA DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES

← 5 →

Fig. 9. Contenido temático del manual página 2-5. Fuente propia.

## Generalidades

### Objetivos de aprendizaje:

- Adquirir el conocimiento de los principios básicos y generalidades del diseño digital con claridad mediante la información del presente manual.
- Describir el proceso general de fabricación de una prótesis bucomaxilofacial a través del diseño digital.

### Descripción general del proceso de fabricación de prótesis bucomaxilofaciales

Este manual abarca desde la captura del modelo facial mediante el escaneo 3D hasta el diseño digital de la prótesis. Cada fase se divide en secciones claras, que permitirán desarrollar de una manera eficaz las habilidades necesarias para el diseño digital de las prótesis.

Para diseñar una prótesis bucomaxilofacial, establecimos un sistema conformado por diferentes dispositivos de cómputo que comprende software y hardware. Dicho sistema está semiautomatizado (Fig. 1) y está conformado de manera general por un escáner facial configurado para digitalizar el rostro del paciente con el defecto facial y posteriormente generar un archivo STL; una PC conectada operativamente a dicho escáner facial; y una impresora 3D conectada operativamente a dicha PC que imprime una prótesis facial.

Como se muestra en la Figura 1 el escáner facial (Fig. 1A) el cual está configurado para digitalizar el rostro del paciente con el defecto facial y generar un archivo STL, en donde una imagen 3D escaneada del rostro con el defecto se guarda como un archivo en formato STL (Lenguaje Estándar de Teselación) en la PC (Fig. 1B). El archivo STL del rostro escaneado se despliega mediante un programa especializado de diseño digital de la PC en la pantalla de ésta.

Asimismo, la PC comprende adicionalmente una red neuronal convolucional de inteligencia artificial configurada para seleccionar de manera automática un diseño predictivo para adaptarlo al defecto facial por rehabilitar, en donde dicha red neuronal selecciona formas anatómicas por reconstruir tales como pabellón auricular, zona palpebral, nariz, entre otras., predeterminadas, de una base de datos de imágenes 3D de partes del rostro, las cuales se clasificaron en cuanto a dimensiones, sexo y rasgos físicos étnicos (Fig. 1C).

Esto con la intención de tener una basta variedad de partes del rostro, para elegir una y adaptarla al defecto facial por rehabilitar (Fig. 1D), en donde dichas imágenes fueron tomadas de personas de acuerdo con su edad y características étnicas y las imágenes obtenidas fueron seccionadas por partes de la cara tales como: boca, parpados, orejas, nariz y fueron clasificadas de acuerdo con la edad, características étnicas y dimensiones antropométricas.

Una vez realizada la adaptación de la estructura predictiva (sellado, volumen, orientación); se le aplica digitalmente una textura y el archivo digital se exporta en un formato STL.

El sistema también cuenta con una impresora 3D (Fig. 1G) que contiene un tanque de impresión, al cual se le agrega un polímero elástico, resistente y biocompatible, con las características antes mencionadas (Fig. 1F), en donde el archivo STL del diseño digital del dispositivo protésico se carga en un programa de impresión 3D de dicha impresora en dicha PC mediante el cual se configuran los parámetros de impresión, así como la adición de soportes de impresión (Fig. 1E).

Posterior a la impresión 3D, se recortan los soportes de impresión de la prótesis facial impresa; se aplica un lavado en agitación magnética en alcohol isopropílico durante 30 min y una vez impresa y lavada dicha prótesis facial (Fig.1F), esta es probada, ajustada y colocada en el defecto facial del paciente (Fig.1I).

*Fig. 10. Flujo de trabajo digital para la obtención de prótesis bucomaxilofacial. Fuente propia.*

## Requisitos previos

### Uso de software.

Los software de diseño 3D manejan una secuencia de pasos para lograr el objetivo de diseño. Esta secuencia es igual para cualquier software de diseño cambiando u omitiendo algunos pasos.

### Objetivos de aprendizaje

- Adquirir el equipo necesario para el diseño digital de prótesis maxilofaciales a través de los requisitos solicitados en el presente manual.
- Atender las sugerencias presentadas para que el software a utilizar trabaje de manera adecuada siguiendo las indicaciones presentadas.
- Descargar Meshmixer y ZBrush para la práctica del diseño digital mediante los enlaces de descarga presentes.

### **Consideraciones previas**

Sugerencias para que el software trabaje mejor:

- Contar con un archivo en formato .STL / .OBJ / PLY para diseñar sobre él.
- Contar con una computadora con tarjeta de video (GAMER) NVIDIA RTX 3060 o superior, memoria RAM mínima de 16gb, Procesador: Intel i7 o superior o AMD Ryzen 7 o superior, y una capacidad de disco (ssd) mínima de 512 gb.
- O una computadora con procesador Intel Core i9-12900, Tarjeta de Video Nvidia RTX4080, Memoria RAM 32GB, SSD 1TB.
- Software de diseño instalado: Meshmixer y ZBrush.

### **Equipo requerido**

Sugerencias para el equipo requerido

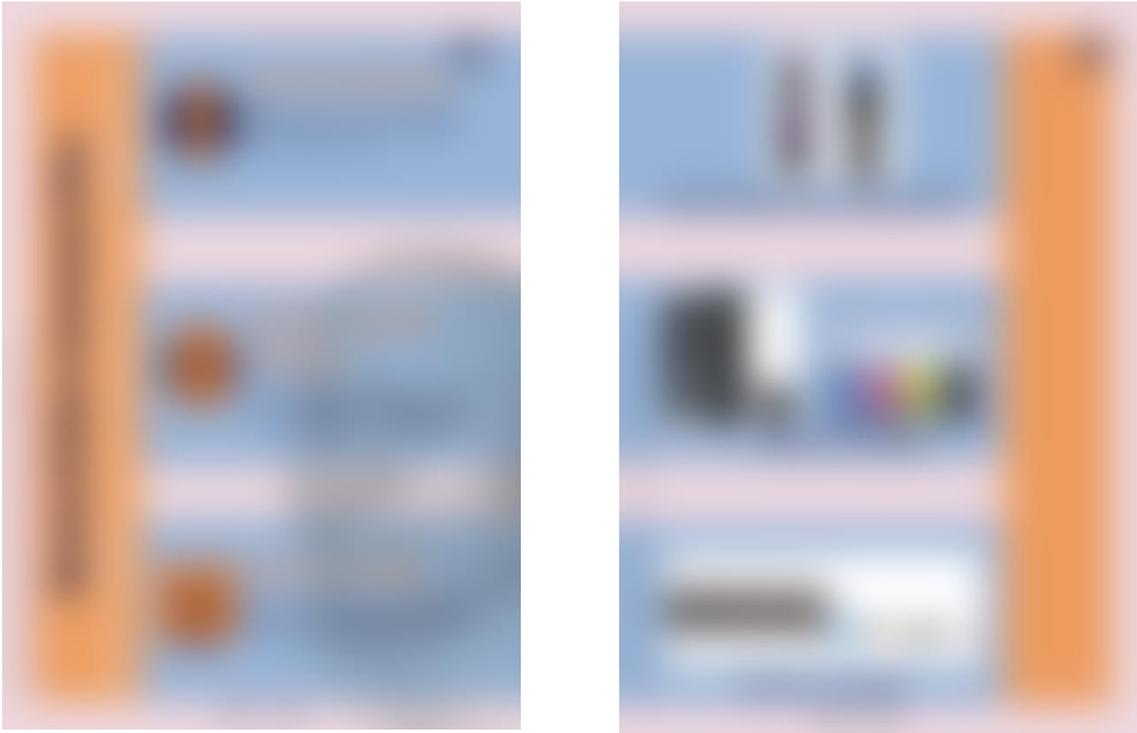
- Una máquina adecuada y con los recursos mínimos sería lo siguiente: Memoria RAM mínimo de 32GB, que es el recurso que más utiliza ZBrush de tu PC. Procesador I7 a + (Ya sea laptop o PC de escritorio).
- Tableta gráfica opcional. Para facilitar el uso de herramientas de escultura y pintura. Como sugerencia: Tableta Gráfica. XP-PEN Artist 22 V2.
- Monitor de 21' mínimo para poder visualizar todas las opciones y tener un área de espacio cómodo.
- El Resto de las características de la PC pueden ser equivalentes a las ya mencionadas, tarjeta de video, placa, disco duro. etc.
- Escáner 3D. Luz blanca y luz infrarroja visibles, 0.05-0.2 mm, profundidad de campo de 200-1500 mm, 55FPS.

### **Software requerido**

- Meshmixer: Autodesk Inc, herramienta robusta y gratuita que proporciona capacidades avanzadas de edición y reparación de modelos 3D, lo que lo convierte en una opción popular entre diseñadores, artistas y entusiastas de la impresión 3D. Se recomienda consultar la página oficial para obtener la versión más reciente y detalles sobre características específicas.
- Pixologic Inc, potente conjunto de herramientas para la escultura y modelado detallado. La comunidad activa y las actualizaciones frecuentes contribuyen a su continua relevancia en la creación artística y la producción de medios. Se recomienda verificar la página oficial para obtener la información más reciente sobre versiones y características.

### **Materiales necesarios para la fabricación de prótesis bucomaxilofaciales**

- Resinas para impresión 3D. Seleccionar resinas de alta calidad, seguras para la piel y compatibles con la impresora 3D.
- Pigmentos y colorantes (Opcionales). Si se planea personalizar el color de las prótesis, se necesitarán pigmentos o colorantes específicos.
- Materiales de acabado. Pueden ser lijas, solventes y otros materiales para el post-procesamiento y acabado de la prótesis.



*Fig. 11. Materiales necesarios para la fabricación de prótesis maxilofaciales, página 17-18 del manual. Fuente propia.*

## **Escaneo facial**

### **Obtención de un modelo virtual escaneado**

Este proceso de escaneo facial consta de varias etapas meticulosamente diseñadas para garantizar la captura exacta de la estructura facial del paciente, desde la instalación del equipo, hasta el post-procesamiento de una malla obtenida con el escaneo; todo esto con el objetivo de obtener un modelo virtual para el diseño digital de una prótesis bucomaxilofacial.

### **Objetivos de aprendizaje**

- Instalar y preparar el equipo de escaneo para la obtención del modelo virtual del paciente.
- Ajustar los parámetros del software para un correcto escaneo y una buena captura de imagen mediante las opciones que presenta el software.

- Realizar el escaneo del rostro de manera eficaz con ayuda del escáner facial siguiendo las indicaciones para el paciente.
- Realizar el procesado y post-procesado de la malla con precisión mediante la aplicación de funciones y herramientas del software

### **Etapas del escaneo facial**

#### **I. Instalación del equipo.**

- Preparar el equipo de escaneo: Para un correcto escaneo es necesario contar con un banco giratorio, un escáner facial y un soporte para éste que ayude con la estandarización del procedimiento.

#### **II. Parámetros iniciales del programa.**

- Iniciar el programa y aplicar los primeros ajustes:
  - Opciones de uso para el escaneo. Encontraremos dos opciones, el modo de luz estructurada (White light mode) y el modo infrarrojo (IR mode). Se seleccionará “IR mode” para escaneo de personas, de acuerdo con la sugerencia del fabricante.
- Seleccionar el modo de proyecto:
  - En esta parte se puede elegir entre crear un nuevo proyecto o continuar con un proyecto existente.
- Seleccionar y aplicar parámetros previos del escáner:
  - El primer parámetro “Scan Target”, seleccionar el “Modo retrato”, ya que se escaneará una persona.
  - En el segundo parámetro de “Mode of Alignment”, aplicar el “Alineamiento por textura”.
  - Por último, aplicar la resolución más alta del escáner que es 0.2 mm.

#### **III. Ajustes y captura de imagen.**

- Aplicar los siguientes parámetros de ajuste para la captura de imagen en la ventana de “Scan Settings”
  1. Brillo. El ajuste de brillo registrado dependerá del paciente a escanear y de la iluminación ambiental. En este caso será necesario bajar lo más posible el brillo. A través del ajuste de brillo, se modificará la cantidad de luz que es detectada por los sensores. El color rojo en la vista previa nos indicará el exceso de brillo para el sensor del equipo y éste se deberá ajustar para obtener buen resultado.
  2. Distancia de trabajo del escáner frente al paciente. Se puede ajustar de acuerdo con el objetivo a escanear, va desde los 400 mm hasta los 1,500 mm, sin embargo, mientras mayor sea la distancia, menor será la calidad del escaneo.

- En este caso, seleccionar el intervalo de distancia de 200 mm a 500 mm.
  - 3. Opción de “Textura por flash”. Este ajuste auxilia a la luz infrarroja mediante un parpadeo de luz led sobre el objeto para detectar mejor la profundidad.
    - Desactivar esta opción para evitar incomodidad al paciente.
  - 4. Opción de “Indicador de calidad”. Ayudará a verificar el proceso de captura de datos. Se visualizará en tonos verdes que indican una buena calidad y en tonos rojos que indican una rectificación necesaria para mejorar el escaneo.
    - Activar esta opción.
  - 5. Opción de “Modo de cabello”. Según el objetivo a escanear, en esta ocasión resulta útil para un mejor desempeño de escaneo.
    - Activar esta opción.
- Indicar al paciente las siguientes instrucciones a seguir:
1. Sentarse en el banco adaptando una postura con la espalda erguida.
  2. Mantener en todo momento la cabeza orientada considerando el paralelismo del plano de Frankfurt con relación al piso.
  3. Posicionar los pies en el piso y con estos impulsarse para girar de izquierda a derecha y viceversa hasta concluir con el proceso de escaneo.  
“Se aplicará al rostro del paciente polvo de contraste opaco con la intención de reducir el brillo de su piel”
- Realizar el escaneo facial.
1. Al tener los ajustes previos y dar indicaciones al paciente, se procede a realizar el primer escaneo preliminar completo del rostro, una vez finalizado, el software generará una vista previa de este escaneo preliminar; lo que permitirá realizar ajustes antes del escaneo final.
  2. Una vez corroborado el escaneo preliminar, se procede a realizar una vez más la captura del escaneo.  
“Durante el proceso de escaneo se observará el modelo virtual del paciente pasar por varios colores, de rojo a amarillo y de amarillo a verde. El objetivo será preservar el color verde sobre todo el modelo virtual.”
  3. Una vez terminada la captura, utilizar la función de recorte ubicada en la barra de herramientas. Según la conveniencia o región del rostro deseada, este puede ser recorte en forma rectangular, poligonal, lasso o en forma de brocha.
  4. Teniendo la captura recortada, aplicar la función de “Generación de puntos y mallas” que generará un modelo de mallas tridimensionales necesarias para el post procesado; de esta manera se activará el icono de “Model mesh” para así iniciar la siguiente etapa de tratamiento de la malla tridimensional.

#### IV. Procesado de la malla

1. En la ventana "Mesh":
  - Indicar al software que es un modelo sólido, para que ésta pueda comprender y optimizar el escaneo.
2. En la ventana "Mesh optimization":
  - Seleccionar, aplicar y confirmar los parámetros de "Filter" en alto, "Smooth" en medio y "Remoción de partículas flotantes" en 100%.
  - Activar las opciones de "Máximo de triángulos", entre mayor número de triángulos, mejor resolución., "Rellenar agujeros-Agujeros pequeños perímetro (mm)" de 5 mm y "Remove picos" para eliminar bordes irregulares de la malla.

#### V. Post-Procesado de la malla

- Al aplicar los parámetros anteriores tendremos una nueva ventana de edición de malla "Mesh editing"

1. La primera herramienta por usar será el relleno manual de agujeros.
2. La segunda herramienta por aplicar será la función de "Optimización de la malla" y el "Removedor de partículas flotantes."

En estos casos se aplicará al 100%.

3. La herramienta de "Smooth" en esta parte se aplicará no pasando del 20% para no perder la micro textura.

Una vez hechos los ajustes en la malla, remapear la textura de la malla en el icono de "Texture remaping" para obtener una última optimización de la malla.

- Al tener completos los ajustes en la malla, guardar el modelo escaneado en el formato que se necesite. Este puede ser en formato "stl", "obj" y "3mf".

Nombrar los archivos generados en el software y ordenarlos por un nombre definido de 6 caracteres.

1. Los dos primeros estarán relacionados con la edad del paciente.
2. El siguiente con el sexo, siendo M para masculino o F para femenino.
3. Los pacientes con la misma edad serán clasificados con un número consecutivo ascendente y por tal motivo, este número será considerado como parte del registro.
4. El último carácter estará acorde con el biotipo facial, siendo M para mesofacial, B para braquifacial o D para dolicofacial.

Por ejemplo: 19F01B.

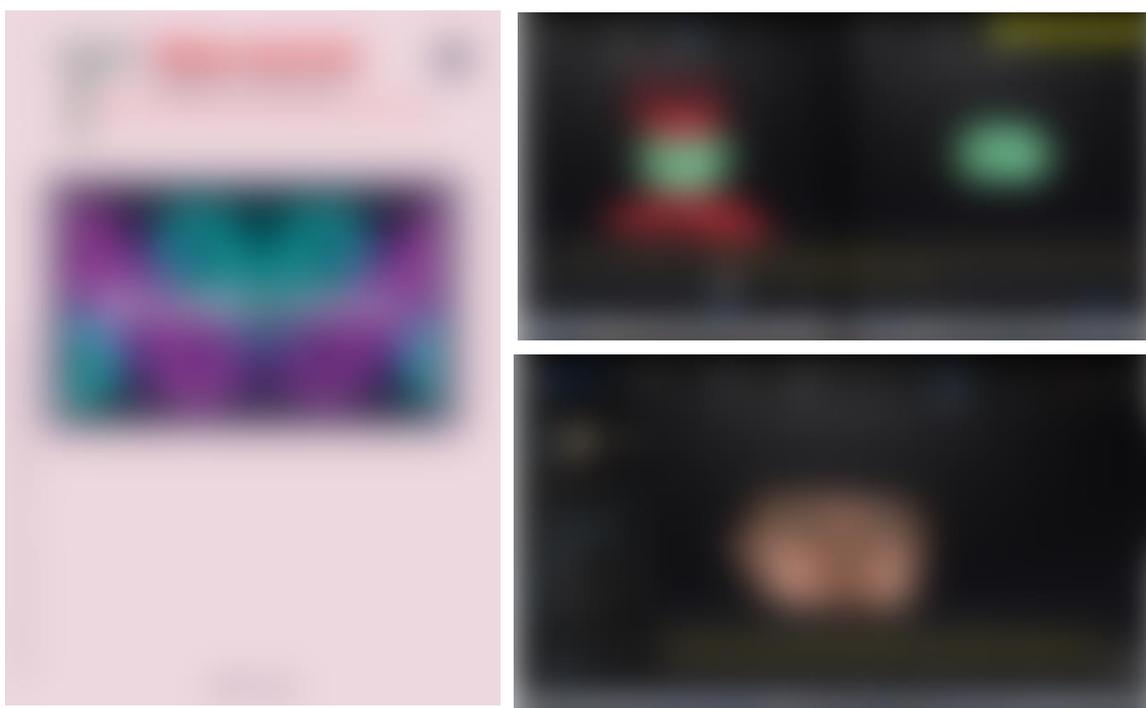


Fig. 12. Capturas de pantalla del video tutorial sobre escaneo facial del manual, página 25. Fuente propia.

## Introducción a ZBrush

### Conociendo la interfaz del programa

ZBrush es un programa de escultura digital utilizado principalmente para hacer modelos orgánicos de una malla de alto poligonaje. De esta manera, una malla o mesh se compone de múltiples polígonos que se combinan para formar una representación tridimensional de un objeto.

### Objetivos de aprendizaje

- Explorar el software ZBrush con eficacia mediante los containers (ventanas) que presenta el programa.
- Conocer la ventana Light Box con detenimiento a través de la exploración de cada submenú.

### Encontraremos en el software:

#### **A. Ventana de bienvenida.**

Al iniciar el programa aparecerá la ventana de bienvenida que no será relevante y se podrá cerrar sin interferir en el proceso de diseño.

#### **B. Ventana de Light Box.**

Esta ventana (container) se desplegará una vez abierto el programa. Aquí se tienen diseños, herramientas o proyectos precargados que vienen dentro del programa. Se mostrarán los siguientes submenús:

1. *Abrir archivo*. Se podrá cargar algún archivo.
2. *Proyectos recientes*. Contiene archivos que has diseñado recientemente.
3. *Proyectos por defecto*. Son archivos precargados que vienen dentro de ZBrush.
4. *Tool*. Son herramientas que servirán a lo largo del proyecto para crear mallas y editarlas.
5. *Brocha*. Son pinceles precargados para escultura y deformaciones.
6. *Textura*. Herramientas que servirán para dar diferentes macro texturas.
7. *Alfas*. Son herramientas para dar detalles y micro detalles.
8. *Fibras*. Herramienta de generación de mallas especializadas que podrán utilizarse para crear cabello.
9. *Materiales*. Describen el modo en que un objeto refleja o transmite la luz. Por ejemplo, el objeto puede ser metálico, mate, brillante, entre otros.
10. *Ruido*. Sirve para aplicar detalles.
11. *Conjunto*. Servirán como ejemplos de distribución.
12. *Cuadrículas*. Son opciones para modelado con referencias.
13. *Documento*. Es una carpeta donde se guardarán los trabajos diseñados.
14. *Render set*. Se utiliza para crear una representación gráfica en la que se produce una imagen por medio de un modelo en 2D o 3D; en este caso no se utilizará.
15. *Filtros*. Es un tipo de modelado 2D.
16. *Guardado rápido*. El programa creará copias de seguridad para guardar proyectos.

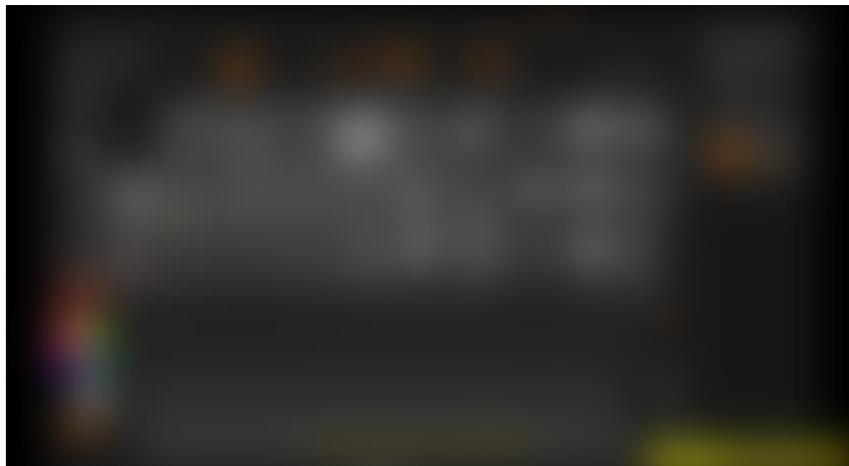


Fig. 13. Captura de pantalla del video tutorial sobre introducción a ZBrush del manual. Fuente propia.

## Navegación en ZBrush

### Recorriendo la interfaz

En esta unidad se conocerá la estructura del programa para que te permita navegar en él de una manera efectiva.

### Objetivos de aprendizaje

- Navegar en la interfaz de ZBrush de manera funcional y cómoda a través de todas sus herramientas y aplicaciones

## Herramientas

El software presenta las siguientes herramientas organizadas mediante barras y ventanas:

- a) *Barra de menú principal.* Contiene todos los menús de funciones y herramientas. En estas se encuentran las alfas, brochas, color, documento, dibujar, entre otras.
- b) *View port.* Es un espacio de trabajo que se puede considerar como un lienzo en blanco para modelar. Aquí se cargará y visualizará el modelo 3D.
- c) *Ventana de Herramientas y funciones que afectan el espacio de trabajo y las cámaras.* Contiene funciones particulares que afectan al documento, a la cámara o a la visualización del objeto en el espacio de trabajo. Las más importantes son move, zoom rotate y frame (éste sirve para centrar la cámara).
- d) *Barra de herramientas escultura y pintura.* Se encargan de la deformación, escultura y pintura del objeto.

Entre estas se encuentran:

- *Brochas.* Sirven para esculpir y deformar.
  - *Pinceles.* Ayudan a la distribución de las brochas sobre las superficies.
  - *Alphas, texturas y materiales* para previsualizar el objeto terminado y la paleta de colores.
- e) *Barra de herramientas complementaria.* Se localiza la página de inicio, el Light Box y el Live boolean (éste ayuda para el modelado inorgánico).
    - Siempre será necesario mantener activo el *modo Edit* y dibujar para poder utilizar las brochas de escultura y editar.
    - Se encuentra *Sculptis Pro* que es una herramienta para hacer sketch y escultura rápida.
    - Encontramos parámetros para configurar *Alfas y materiales*, texturas de color, intensidad de color, entre otras.
    - El *Z Intensity* controla la fuerza de la brocha que se está utilizando ya sea en alto o bajo relieve.
    - El *Draw Size* controla el tamaño del pincel que se utilizado.
    - El *Focal shift* es una brocha de degradado.
  - f) *Panel tool.* Es la ventana que contiene la información del proyecto activo.
    - Se encuentran modificadores que afectan directamente a la escultura.
    - Se presentan funciones como abrir, cerrar, exportar e importar archivos de otros programas de diseño 3D.
  - g) *Guardar archivos.* Existen dos formas de guardar los proyectos:
    - *Formato Z project:* guarda el documento con todos los objetos que se abrieron desde el inicio.
    - *Formato ZTL:* este sólo guarda el objeto que se desee.

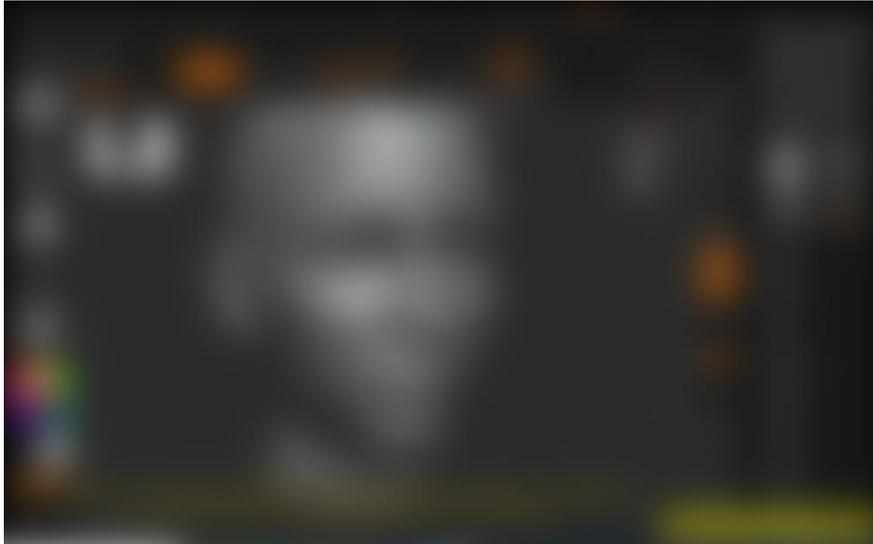


Fig. 14. Captura de pantalla del video tutorial sobre Navegación en ZBrush del manual. Fuente propia.

## Brochas en ZBrush

### Descripción de herramientas de brochas

ZBrush ofrece un conjunto robusto de herramientas para la estructura digital.

### Objetivos de aprendizaje

- Identificar las funciones de las brochas en ZBrush con claridad mediante los fundamentos básicos de ciertas herramientas.

Se encuentran diferentes Brochas o brushes que provocarán deformidades en la superficie del modelo de trabajo.

Esta deformidad dependerá de factores que pueden ser controlados: Intensidad, tamaño y relieve (determina la fuerza del traslado de la brocha).

1. Brocha Standard. Es la brocha que se activará una vez seleccionada la herramienta brocha.
2. Brocha Smooth. Esta suavizará la intensidad de deformación provocada por otra brocha.
3. *Brocha Clay build up*. Junto con la brocha Smooth se podrán hacer deformaciones o incrementos considerables para después suavizarlos.
4. *Brocha Dam Standard*. Es ideal para crear hendiduras más profundas como son los pliegues.
5. *Brocha Inflat*. Se podrán realizar argumentos de volumen en zonas específicas.
6. *Brocha Move Topological*. Ayudarán a mover zonas específicas del modelo de trabajo.
7. *Brocha Pinch*. Se podrán crear biseles con este tipo de brocha.

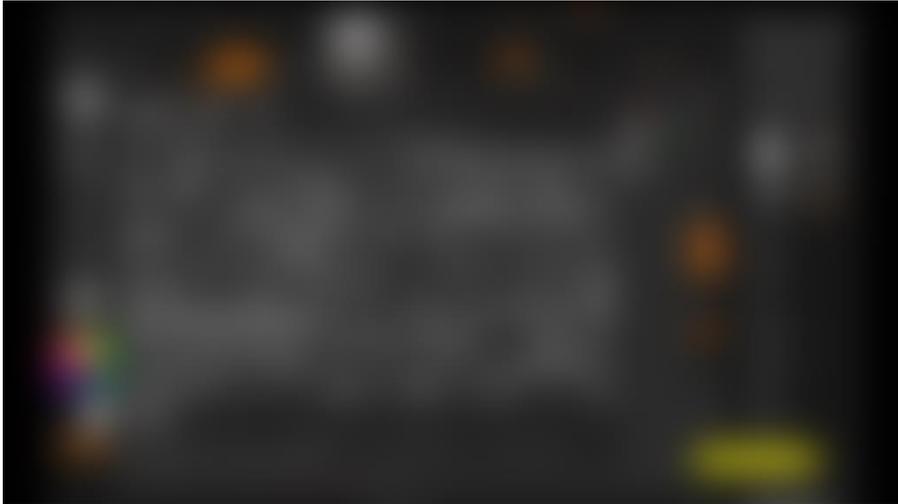


Fig. 15. Captura de pantalla del video tutorial sobre Brochas en ZBrush incluido en el manual. Fuente propia.

## Alfas en ZBrush

### Descripción de herramientas Alfas

El software nos ofrece los efectos Alfas diseñados para brindar detalles y micro detalles.

### Objetivos de aprendizaje

- Identificar las funciones de las Alfas en ZBrush con claridad, mediante los fundamentos básicos de las herramientas.
- Conocer las Alfas en ZBrush con su aplicación mediante la vinculación con las brochas.
- Aprender a aumentar la resolución del modelo de trabajo mediante la pestaña de Geometría en ZBrush.
- Manejar el efecto Alpha para potenciarlo o atenuarlo a través del tamaño e intensidad de la brocha en ZBrush.

Los Alfas son imágenes en cualquier formato que contienen información de escala de grises. Estas sirven para dar detalles o micro detalles en la superficie del modelo de trabajo.

1. *Textura a la superficie.* En este caso los utilizaremos para darle textura a la superficie de las prótesis bucomaxilofaciales que se requiera diseñar.
2. *Buena geometría del modelo de trabajo.* Para tener una buena visualización de los Alfas es necesario que el modelo de trabajo cuente con una buena geometría (buena resolución).

3. *Modificaciones de los Alfas*. El efecto a su vez se verá atenuado o potenciado por el tamaño de intensidad de la brocha.

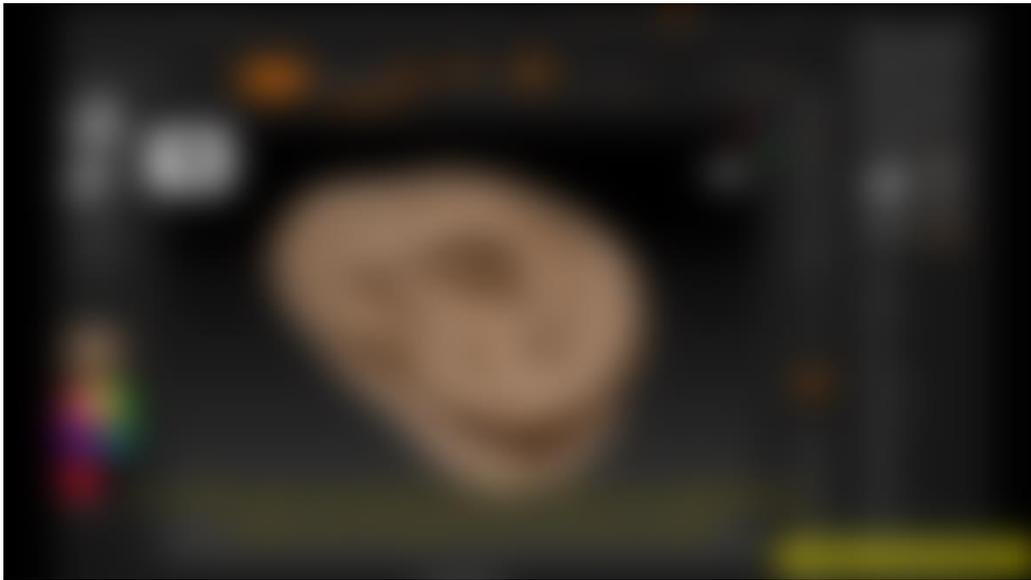


Fig. 16. Captura de pantalla del video tutorial sobre Alfas en ZBrush incluido en el manual. Fuente propia.

## Máscaras en ZBrush

### Descripción de herramientas de máscaras

El software nos ofrece la aplicación de máscaras, las cuales permiten aislar partes o áreas del modelo de trabajo.

### Objetivos de aprendizaje

- Identificar la función de las máscaras y sus diferentes tipos en ZBrush con claridad, mediante los fundamentos básicos de las herramientas.
- Aprender a aplicar las máscaras de manera correcta mediante el uso de una brocha.
- Aprender a quitar, invertir y modificar las máscaras de manera eficaz mediante el uso de comandos.

Las máscaras son una herramienta que permiten seleccionar las áreas del modelo de trabajo que no requieran alguna modificación por lo que al aplicar una brocha o alfa sobre la máscara no provocarán ninguna alteración al modelo de trabajo.

- a) Es necesario *seleccionar* alguna brocha con tamaño e intensidad necesarios para poder activar la máscara o también se pudiera generar un recuadro para una aplicación de manera más simétrica.
- b) Existen diferentes *tipos* de máscaras, por ejemplo, la Mask Pen, la máscara Lasso, entre otras.

- c) Una vez aplicada esta herramienta es posible *borrar o modificar* la máscara mediante comandos que se explican en el siguiente video tutorial.

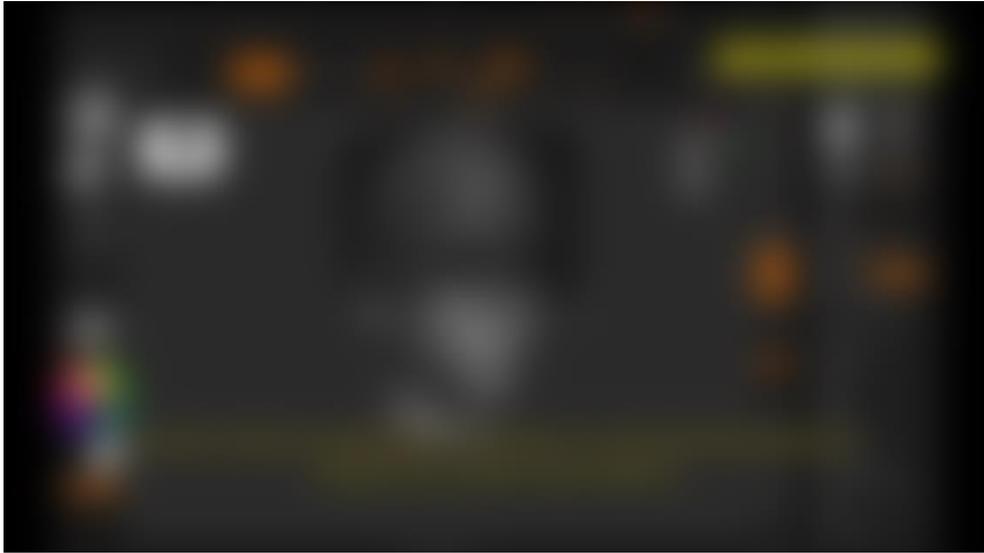


Fig. 17. Captura de pantalla del video tutorial sobre Máscaras en ZBrush incluido en el manual. Fuente propia.

## Introducción a Meshmixer

### Recorriendo la interfaz

En esta unidad se conocerá la estructura del programa para que te permita navegar en él de una manera efectiva.

### Objetivos de aprendizaje

- Navegar en la interfaz de Meshmixer de manera funcional y cómoda a través de todas sus herramientas y aplicaciones.
- Obtener conocimiento de la estructura de Meshmixer para el diseño de prótesis bucomaxilofaciales a través de sus herramientas principales

### Al abrir el programa de Meshmixer se encontrará:

- a) Un menú principal. Éste contiene seis opciones. Import, Open, Keyboard Short Cuts, Import Bunny, Import sphere e Import Plane.
- b) Un Panel de funciones. Se visualizarán las herramientas de Import, meshmix, select, sculpt, stamp, edit, analysis, shaders, export y print. De estas se utilizarán únicamente y con mayor frecuencia las herramientas de:

1. *Select*. Funciona para hacer de limitaciones de las estructuras faciales y de los efectos faciales. Asimismo, esta herramienta podrá funcionar para seleccionar partes de la malla del diseño y hacer eliminaciones o uniones entre ellas.
  2. *Sculpt*. Aquí se encuentran diferentes tipos de brochas para agregar o disminuir volumen en la superficie de los objetos por diseñar.
  3. *Edit*. Contiene funciones como duplicate, transform y make solid.
  4. *Analysis*. Principalmente se utiliza la función de Inspector, la cual ayuda a identificar y corregir errores en las mallas para poder enviar a imprimir de manera correcta los archivos exportados.
  5. *Export*. Sirve para exportar el diseño realizado a un archivo con formato STL con la finalidad de transferirlo al software de ZBrush y darle una mejor textura y esculpido.
- c) Ventana Object browser. Esta va a permitir duplicar o eliminar objetos del área de trabajo.

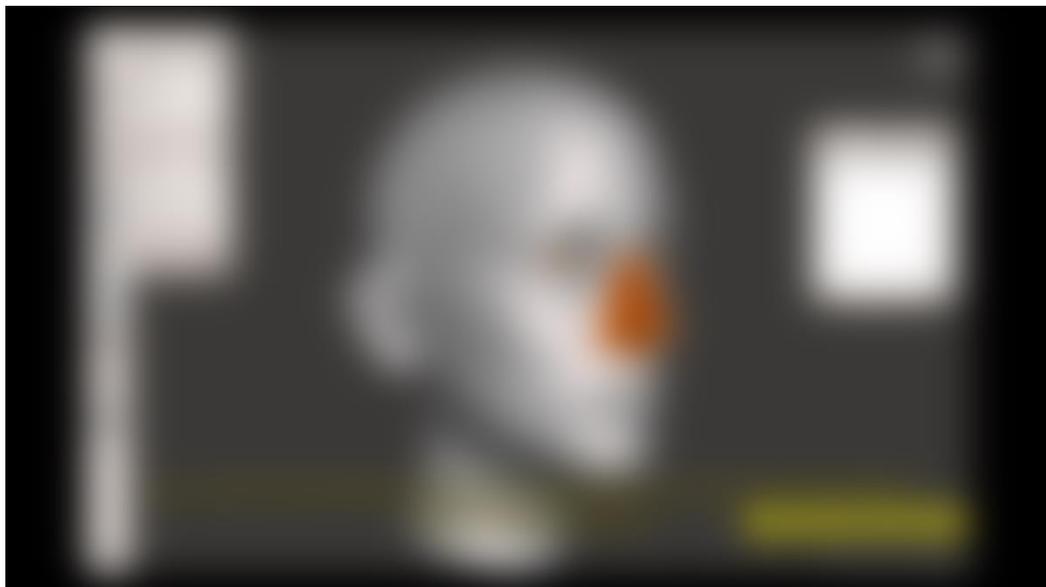


Fig. 18. Captura de pantalla del video tutorial sobre Introducción a Meshmixer incluido en el manual. Fuente propia.

## Diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial

### Descripción del proceso

Con la ayuda del software Meshmixer, se realizará el diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial.

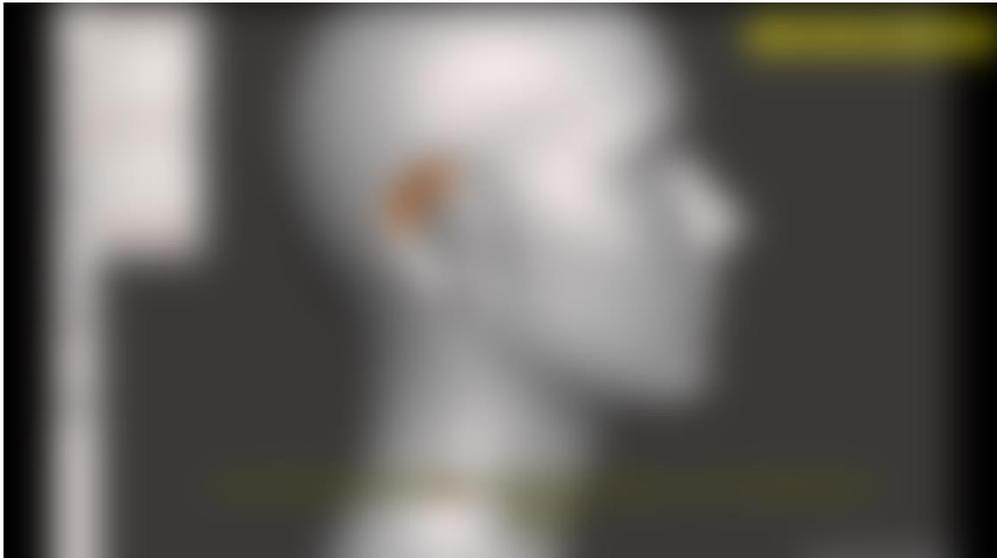
### Objetivos de aprendizaje

- Crear un diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial de manera eficiente y clara mediante el uso del software Meshmixer.

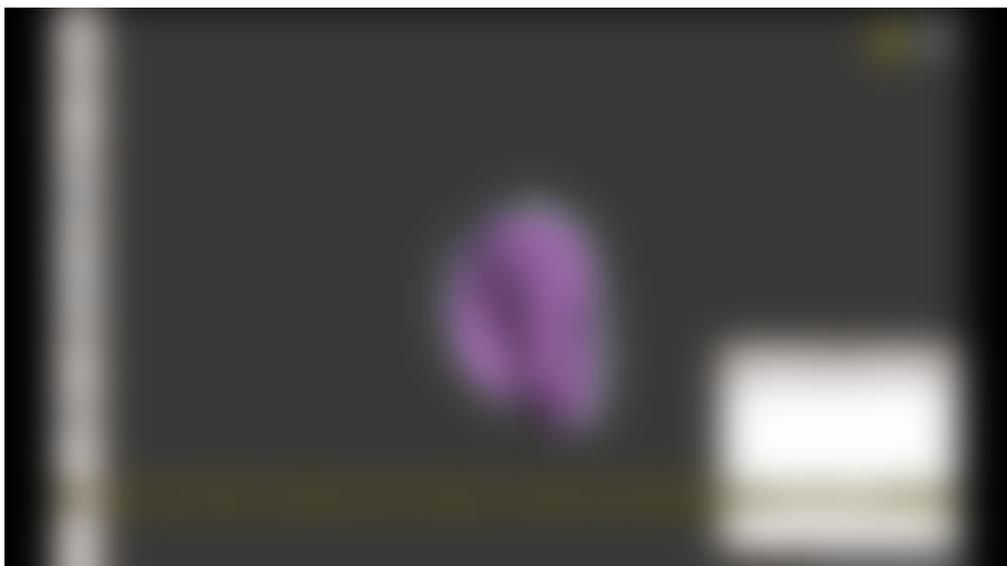
**Para crear el diseño digital de la base protésica sigue los pasos indicados a continuación:**

1. Importar el modelo de trabajo (archivo STL del modelo escaneado) a Meshmixer.
2. Sombrear y delimitar el área del rostro en la cual asentará la prótesis.
3. Con esta área de limitada, formar una selección de la malla denominada "Face group".
4. Sombrear la periferia del área y procurar que el grosor de esta línea sea de 5 mm.
5. A partir de esta nueva delimitación se formará un Face group.
6. Configurar el área de la delimitación periférica en -0.5 mm de offset, 0 en Harden, 20 en density, dirección constante y End type en Offset.
7. Extraer el área de asentamiento y la depresión (periferia) y configurar a 0.7 mm en Offset, Dirección normal y End type en Offset.
8. Separar la extracción del modelo de trabajo para posteriormente duplicarlo.
9. Seleccionar toda la superficie del elemento duplicado y dar clic en Offset.
10. Configurar el elemento en Distance con 1.5 mm, Accuracy en 50, Regularity en 25, Soft transition en 0.7 mm y activar la casilla Connected.
11. Regresar a la primera extracción y sombrearla completamente para seleccionar el Flip Normals.
12. Seleccionar ambas extracciones en el Object browse y combinarlas. De esta manera se tendrá un solo objeto, pero se anotaron los bordes de ambas extracciones.
13. Realizar un acercamiento del modelo y con un tamaño de brocha pequeña seleccionar un borde y luego el otro. De esta manera ambos bordes adquirirán una línea discontinua y así se podrán unir ambos bordes.
14. En este punto se terminará de diseñar el asentamiento de la prótesis bucomaxilofacial.

*La siguiente etapa será adaptar la forma anatómica que mejor coincida y esta será proveniente de la biblioteca de componentes anatómicos del rostro y cabeza generada a través del proyecto PAPIME PE 205323.*



*Fig. 19. Captura de pantalla del video tutorial sobre Diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial incluido en el manual. Fuente propia.*



*Fig. 20. Captura de pantalla del video tutorial sobre Diseño digital de la base protésica bucomaxilofacial incluido en el manual. Fuente propia.*

## Diseño digital de la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial

### Descripción del proceso

Con ayuda de la biblioteca de componentes anatómicos del rostro y cabeza generada a través del proyecto PAPIME PE 20323 se diseñará y adaptará la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial.

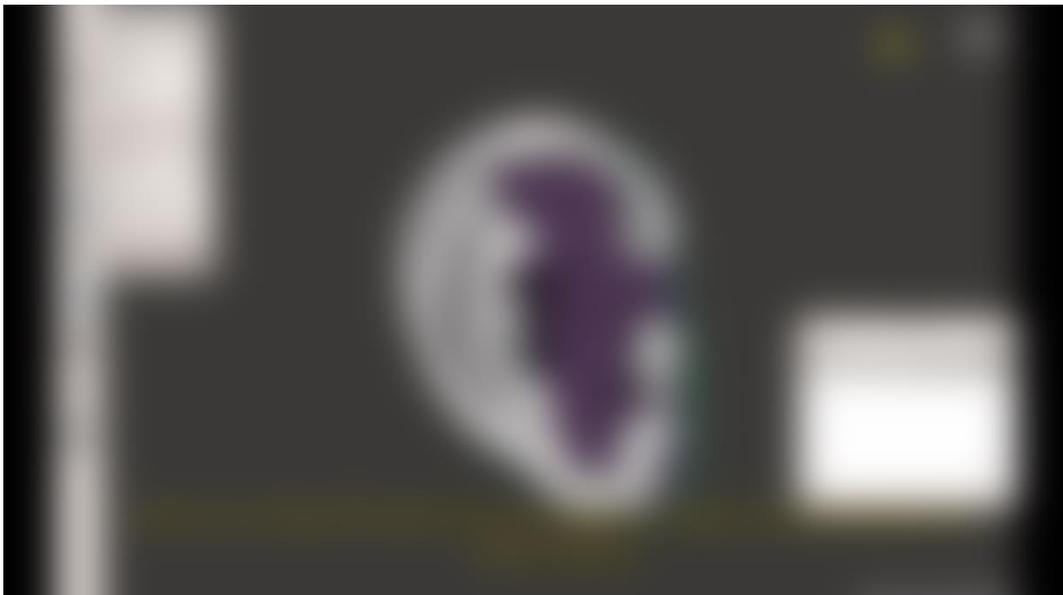
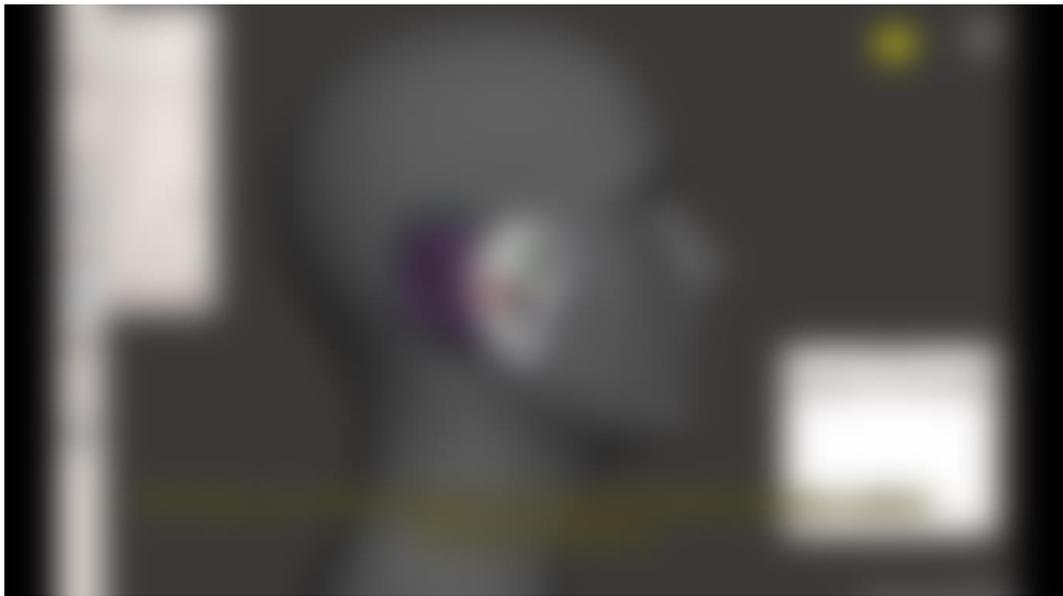
### Objetivos de aprendizaje

- Crear un diseño digital de la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial de manera eficiente y clara mediante el uso de la biblioteca digital de componentes anatómicos del rostro y cabeza generada a través del proyecto PAPIME PE 205323 y con ayuda de las herramientas vistas anteriormente del software Meshmixer.

### Para crear el diseño digital de la estructura anatómica protésica sigue los pasos indicados a continuación en el programa de Meshmixer:

1. A partir de la biblioteca de “componentes del rostro y cabeza” seleccionar la zona a rehabilitar que mejor se adapte a las características del paciente.
2. Una vez seleccionada la forma, moverla y ubicarla en la zona de asentamiento con ayuda de la creación de puntos de referencia.
3. Modificar el tamaño o escala de la estructura.
4. Al terminar el posicionamiento correcto seleccionar toda la estructura anatómica y aplicar la función de Flip Normals.
5. Seleccionar las partes de la malla que sobrepasen la base protésica y eliminar estos excedentes.
6. Volver a seleccionar toda la estructura y aplicar la función Flip Normals.
7. Seleccionar una vez más los excedentes de la malla y eliminarlos.
8. Recortar los excedentes de la estructura anatómica que colisionen o queden cortos con respecto a la base protésica.
9. En Object Browser, fijar como objetivo el objeto correspondiente a la base protésica.
10. Seleccionar el objeto correspondiente a la estructura anatómica y en la función de Sculpt activar la brocha Attract para incrementar el volumen de la línea determinación de la estructura anatómica.
11. Desactivar la función de atracción como objeto para apreciar con claridad los incrementos realizados.
12. Usar la brocha Shrink Smooth para dejar una superficie más tersa.
13. Con ayuda del Object Browser combinar la base de asentamiento de la prótesis y la estructura anatómica para tener un solo objeto.

*Con este paso termina el diseño digital de la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial.*



*Fig. 22 y 23. Capturas de pantalla del video tutorial sobre Diseño digital de la estructura anatómica de la prótesis bucomaxilofacial incluido en el manual. Fuente propia.*

## Modelado, texturizado y acabado digital de la prótesis bucomaxilofacial

### Descripción del proceso

Con la ayuda del software ZBrush, se realizará el modelado, texturizado y acabado digital de la prótesis bucomaxilofacial.

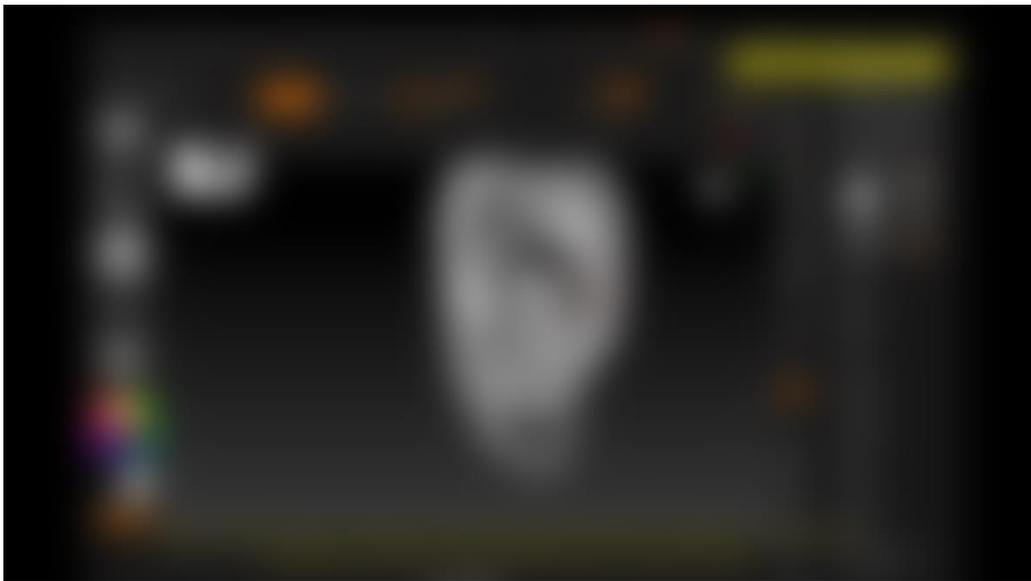
### Objetivos de aprendizaje

- Modelar y esculpir el diseño digital de prótesis bucomaxilofacial de manera eficiente y detallada mediante el uso de las herramientas del software ZBrush.
- Aplicar texturizado a la prótesis bucomaxilofacial diseñada de manera eficiente y detallada mediante el uso de brochas del software de ZBrush.

Una vez concluido el diseño y orientación de la prótesis a través del software Meshmixer, se exportará el diseño en formato STL para abrirlo en el software ZBrush. De esta manera se podrá darle un mejor esculpido y texturizado para lograr una ideal mimetización de la prótesis con el defecto facial.

### Para lograrlo, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Importar el archivo STL a ZBrush
2. Activar el modo Edit para evitar que el modelo de trabajo aparezca varias veces.
3. Cambiar el tipo de material a "MatCap", "Chroma", "Chalk" o algún otro de su preferencia dentro de la opción de "Materials" para apreciar de diferentes maneras el relieve y la textura de la prótesis bucomaxilofacial.
4. Comenzar a conformar la anatomía más específica de la estructura con ayuda de la brocha Standard configurada en "Z menos" verificando la intensidad de ésta.
5. Dar la profundidad necesaria a la estructura con la brocha estándar configurada en "Z menos" para detallar las zonas anatómicas. Al modificar el ancho de la brocha y pasando varias veces por la zona se obtendrá un mayor efecto de profundidad.
6. Dar el volumen necesario a las zonas anatómicas con la brocha Pinch configurada en "Z más".
7. Delimitar las zonas de inserción de la prótesis con ayuda de la brocha estándar configurada "Z menos".
8. Se pueden aplicar máscaras para impedir que las zonas de interés sufran modificaciones durante el modelado.
9. Afilar los bordes de la estructura con la brocha Pinch para obtener mayor definición.
10. Al terminar el esculpido completo de la prótesis se debe aplicar el texturizado.
11. Aplicar Alfas asociadas a la brocha estándar. Por ejemplo: el Alpha 31 puede ser útil para simular poros de la piel.
12. Por último, es importante recordar que la textura siempre dependerá de la intensidad y el tamaño de la brocha, así como del número de veces que se aplica en la misma zona.



*Fig. 24 y 25. Capturas de pantalla del video tutorial sobre Modelado, texturizado y acabado digital de la prótesis bucomaxilofacial incluido en el manual. Fuente propia.*

## Aprendizaje activo

### Pon en marcha lo aprendido

Agregamos esta sección para que puedas trasladar lo aprendido de teoría a la acción, es hora de tomar las herramientas y técnicas que te hemos presentado y comenzar a aplicarlas en los propios diseños del usuario.

### Objetivos de aprendizaje

- Diseñar digitalmente una prótesis maxilofacial mediante el conocimiento adquirido del manual.
- Descargar los archivos STL que presentamos para poner en práctica lo aprendido de la información presentada.
- Enviar evidencias de prácticas de diseño digital de prótesis maxilofaciales mediante el link dado.

Ahora que has adquirido una sólida comprensión de los fundamentos del diseño digital, ha llegado el momento de dar el siguiente paso y poner en marcha ese conocimiento en tu propia trayectoria práctica.

- Adjuntamos archivos STL al manual de usuario para que éste pueda descargarlos y practicar.
- Adjuntamos a su vez un enlace para que el usuario pueda compartir con nosotros sus propios diseños y medir de alguna manera la eficacia del manual presentado.

*Es hora de experimentar, de enfrentarte a desafíos reales y de dar rienda suelta a la creatividad para crear diseños digitales en la Prótesis Bucomaxilofacial. La teoría es el cimiento sobre el cual construirás tu experiencia práctica, y ahora es el momento de comenzar a construir.*



*Fig. 26 y 27. Capturas de pantalla de la sección de Aprendizaje activo del manual. Fuente propia.*



# Capítulo

## Capítulo

## Discusión

---

El Glosario de Términos Protodóncicos se refiere a la prótesis maxilofacial como cualquier dispositivo utilizado para sustituir parcial o totalmente cualquier parte de las estructuras estomatognáticas y/o craneofaciales. En virtud de esto, la exigencia actual de rehabilitación de defectos bucomaxilofaciales ha incrementado significativamente debido a una variedad de factores como, los accidentes de tránsito, la violencia social, la detección de patologías malignas y con esto el aumento en la esperanza de vida de pacientes con cáncer, entre otros factores. Con base en esto, referente a la época actual, es fundamental tomar en cuenta los avances tecnológicos en el campo de la Prótesis Bucomaxilofacial para abordar el incremento de la demanda de casos clínicos que se presentan.<sup>(78)(2)</sup>

El primer caso de prótesis maxilofacial empleando tecnología digital fue registrado por Penkener en 1999, a partir de entonces se ha publicado diversa información al respecto, sin embargo, la literatura disponible hasta el día de hoy con respecto al uso de protocolos y uso de flujos de trabajo digital para el diseño de prótesis bucomaxilofaciales es limitada e insuficiente.<sup>(71)</sup>

Hasta donde tenemos conocimiento, no se ha encontrado literatura publicada que aborde el desarrollo y uso de una herramienta para el diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales, por lo que esta ausencia de información marca una brecha significativa de carencia en el conocimiento actual dentro de este ámbito. Este vacío en la literatura podría deberse a diversas razones, como la complejidad técnica y clínica asociada con la rehabilitación de pacientes con defectos bucomaxilofaciales, así como también a la escasez de investigación enfocada en el diseño digital de prótesis para este sector poblacional.

Podemos encontrar literatura publicada sobre protocolos y flujos de trabajo digital sobre Prótesis Maxilofacial como el de Yunpeng et al., Unkovskiy et al. Sin embargo, es información que en su mayoría solamente presenta informes clínicos mostrando resultados clínicos de la rehabilitación de defectos mediante prótesis diseñadas digitalmente, no obstante existe la falta de desarrollo en cuestión el paso a paso del uso de los software y las herramientas de estos, para el diseño y fabricación de las prótesis bucomaxilofaciales, de modo que nosotros nos centramos exclusivamente en el desarrollo de esta herramienta para el diseño digital mediante nuestro trabajo.<sup>(73).(68)</sup>

Otra razón que pudiera influir en esto sería la falta de conciencia sobre la importancia y el potencial de la tecnología CAD/CAM en la rehabilitación de pacientes con defectos maxilofaciales. Es conocido que, en las últimas décadas, hemos experimentado un aumento en el uso del flujo de trabajo digital en el área de Prótesis Bucomaxilofacial. No obstante, como menciona Cristache et al. en contraste con el significativo progreso y la gran aceptación e inclusión que la tecnología CAD/CAM ha experimentado en ramas de la odontología, como prótesis fija y removible, ortodoncia, implantología, cirugía maxilofacial, entre otras, su implementación en la Prótesis Bucomaxilofacial se ha dado hasta ahora de manera muy limitada y progresiva. Por consiguiente, con este proyecto buscamos resaltar la importancia del uso y

avance de nuevas tecnologías en el campo de la Prótesis Maxilofacial y traer foco de atención a ésta, destacando su relevancia y contribución al bienestar de los pacientes.<sup>(2)</sup>

Además, los desafíos financieros y logísticos, aunados a la alta curva de aprendizaje asociada con la implementación de tecnología CAD/CAM en entornos clínicos también pueden haber contribuido a la falta de investigación en este campo. La adquisición de equipos y software especializados, así como la capacitación del personal en su uso, pueden representar inversiones significativas para las instituciones, lo que podría haber disminuido el interés en explorar nuevas aplicaciones para esta tecnología. Así como Tanveer et al. Sostienen que los sistemas CAD/CAM enfrentan este tipo de desafíos relacionados con la disponibilidad de personal calificado y la alta inversión en quipos, dificulta su adopción en numerosas regiones del mundo. Por su parte, Unkovskiy et al. comparten la idea de que las limitaciones actuales presentes en la literatura son los altos costos de los software y hardware para la aplicación de CAD/CAM en el área. A pesar de las afirmaciones anteriores, con este proyecto nuestra intención es introducir el uso de una herramienta para el diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales que permita simplificar y estandarizar el proceso de capacitación de los alumnos de la licenciatura en odontología, así como el manejo del software necesario. La concepción errónea de que esta capacitación del personal y el uso del software son costosos puede ser desacreditada mediante la implementación del manual propuesto, ya que dentro del software a utilizar uno es de licencia libre (Autodesk Meshmixer, Softonic, Suiza) y el otro (ZBrush, Pixologic, Los Ángeles) que cuenta con un uso de licencia para estudiantes y profesores de tan solo 20D DLLS al mes, lo que permite el uso accesible de estas plataformas.<sup>(79),(72)</sup>

Como se refiere en el tratado de Farook et al. El uso de software más comunes para el procesamiento de datos adquiridos fueron las plataformas de Geomagic (Geomagic Inc., Carolina del Norte, EE. UU.), ZBrush (Pixologic, Los Ángeles), Rapidform (INUS Technology Inc., Seúl, Corea), Freeform Model Plus, (SensAble Technologies, Boston, Massachusetts, EE. UU.), los cuales su principal objetivo era permitir el diseño digital de la prótesis bucomaxilofaciales combinando los bordes externos con el tejido sano escaneado para lograr límites precisos; es por ello que nosotros decidimos utilizar ZBrush y traer a propuesta MeshMixer de licencia libre, para que el diseño en conjunto pueda desarrollarse con las herramientas que nos brindan ambos programas.<sup>(71)</sup>

Yunpeng et al. señalan que en situaciones donde los pacientes presentan defectos faciales y deformidades severas en los tejidos blandos, lograr la adecuada adaptación de los bordes de la prótesis y el diseño digital general de ésta requiere un alto nivel de destreza en el manejo del software. Por lo tanto, con el presente proyecto sabemos que es imperativo avanzar en el desarrollo de herramientas para el diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales con base en la propuesta del manual de diseño digital para que éste sea utilizado de manera más accesible, facilitando así el desarrollo del diseño.<sup>(73)</sup>

Por su parte, Farook et al. Estipulan que, aunque se ha demostrado que el diseño digital, en su caso de nariz, desde cero es efectiva; a su vez hace referencia a que diversos autores recomiendan el uso de una biblioteca digital para almacenar y recuperar datos para facilitar el flujo de trabajo digital. Autores como Abdulameer et al. Analizan este desafío de localizar una base de datos digital integral de plantillas de prótesis, y aún en los casos en que está disponible, el proceso de combinarlas resulta en una tarea que consume mucho tiempo. A su vez, Palousek et al. Abogan por el uso de bases de datos para el mapeo del flujo digital. Debido a estos datos que arroja la literatura, en este proyecto se plantea el uso de una propia biblioteca digital con archivos STL categorizados para el uso del diseño digital de prótesis bucomaxilofaciales y se da acceso a esta biblioteca digital creada por colaboradores del mismo proyecto.<sup>(71),(80),(81)</sup>

Es importante destacar que la metodología propuesta sobre el manual de diseño digital para la Prótesis Bucamaxilofacial se presenta como una guía general y, por lo tanto, debe ser adaptada de manera específica para cada caso particular. Cada paciente presenta una combinación única de características anatómicas, necesidades funcionales y expectativas estéticas, lo que requiere un enfoque individualizado en el proceso de diseño. La adaptación de esta metodología a cada caso específico garantiza que se tengan en cuenta todas las variables relevantes, como la condición médica del paciente y la cantidad y calidad del tejido remanente. Además, la personalización del flujo digital propuesto permite abordar de manera efectiva las necesidades y preferencias del paciente, lo que contribuye a resultados más satisfactorios y a una mayor calidad de vida. Por lo tanto, aunque se presente una metodología general, su aplicación exitosa requiere de la habilidad y la experiencia que se obtendrá con el uso del manual presentado para adaptarlo de manera adecuada a las características individuales de cada paciente.

La Prótesis Maxilofacial es un área importante en el contexto de rehabilitación de defectos bucomaxilofaciales, pero a menudo es pasado por alto en el ámbito de la odontología. Sin embargo, a pesar de su importancia en la mejora de la calidad de vida de los pacientes, la Prótesis Maxilofacial suele recibir menos atención y reconocimiento en comparación con otras especialidades de la odontología. Tan solo en México las únicas universidades que ofertan este posgrado (Prótesis Maxilofacial) son la UNAM, la UDG y el Sector Salud de México.

La falta de visibilidad y reconocimiento del área puede deberse en parte a una percepción errónea de que es un campo secundario o ajeno dentro de la odontología. Muchas veces se asocia más con la cirugía plástica reconstructiva que con la práctica odontológica convencional. Esto puede llevar a una subestimación de su importancia y a una falta de inversión en la investigación, educación y desarrollo de nuevas tecnologías en este campo.

Para abordar esta situación, es fundamental aumentar la conciencia sobre la importancia de la prótesis maxilofacial y reubicar el área como una especialidad central dentro de la odontología. Esto implicaría destacar su relevancia en la restauración funcional y estética de los pacientes, así como en la mejora de su calidad de vida. Además, es necesaria una mayor promoción de la formación especializada en el área tanto a nivel de pregrado como posgrado.

Aunado a esto, es crucial fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías en este campo para mejorar la eficacia y la calidad de las prótesis dejando atrás o complementando los procesos lentos, rústicos y anticuados que suelen formar parte de la prótesis maxilofacial actual.

Por lo tanto, la reubicación y visibilidad de la Prótesis Bucomaxilofacial son esenciales para asegurar que los pacientes reciban el mejor tratamiento posible y para conocer la importancia del área. De esta manera, no solo mejorará la calidad de atención que reciben los pacientes, sino que también se promoverá un mayor avance científico y tecnológico en el campo de la Prótesis Bucomaxilofacial.

## Conclusión

---

En la odontología actual, el flujo de trabajo digital se ha convertido en una metodología clave, donde cada etapa del proceso se lleva a cabo mediante el uso de recursos digitales. Al momento de integrar estas nuevas tecnologías al campo de la Prótesis Maxilofacial, el proceso de fabricación de una prótesis bucomaxilofacial sigue el siguiente flujo de trabajo digital que consta de tres fases esenciales:

1. **Digitalización:** Consiste en la captura de datos a través del escaneo de regiones faciales. Esta etapa nos proporciona la base digital necesaria para el diseño posterior.
2. **Diseño digital:** Esta fase consiste en la creación virtual de la prótesis. Aquí se procesan los datos adquiridos y se utiliza el software de diseño asistido por computadora. Dentro de nuestro trabajo, se incluye la utilización de una biblioteca digital con partes anatómicas bucomaxilofaciales preexistentes.
3. **Fabricación:** Dentro de esta etapa, los datos de la prótesis digital se materializan utilizando tecnología de fabricación aditiva, como lo es la impresión tridimensional.

El uso del sistema CAD/CAM en su aplicación en la Prótesis Maxilofacial no solo posibilita un flujo de trabajo con un diseño y una fabricación más rápida y eficaz de las prótesis, sino que también conlleva un procedimiento mínimamente invasivo avanzando más allá del uso de múltiples técnicas tradicionales, invasivas, subjetivas, extensas, intensas y laboriosas. Esto significa que reduce significativamente el tiempo clínico y técnico necesario para completar el proceso de fabricación de las prótesis, lo que beneficia tanto a los pacientes como al operador en cuestión.

Debido a esto, la necesidad de mejorar los métodos tradicionales de la Prótesis Maxilofacial nos ha llevado a la introducción de una herramienta de diseño digital para la formación de estudiantes de odontología. El Manual de Diseño Digital para Prótesis Bucamaxilofacial planteado, ofrece a los estudiantes de odontología y cualquier operador una valiosa herramienta para desarrollar habilidades fundamentales en la creación de prótesis bucomaxilofaciales. A través de este recurso, se pueden aprender de manera guiada y sistemática, adquiriendo tanto conocimientos teóricos como habilidades prácticas necesarias para llevar a cabo el diseño de prótesis con eficacia. Este enfoque no solo proporciona una base sólida en el uso de tecnologías digitales en odontología, sino que también permite comprender la importancia de la funcionalidad y la estética en el desarrollo de la creación de una prótesis bucomaxilofacial.

Además de servir como una guía instructiva, el manual fomenta un enfoque integral en la formación de los estudiantes. Les ofrece la oportunidad de explorar y aplicar principios de diseño específicos para prótesis maxilofaciales. A través de videotutoriales y ejercicios prácticos, los alumnos pueden enfrentarse a desafíos reales y desarrollar su capacidad para resolver problemas de manera creativa y efectiva en este contexto. El uso de esta herramienta de diseño digital no solo nos prepara para enfrentar desafíos actuales en el campo de la odontología, sino

que también nos capacita para innovar y adaptarnos a futuras tendencias y avances tecnológicos.

La adopción de estos enfoques innovadores no solo busca modernizar las prácticas dentro de este campo, sino que también pretende equipar a los futuros profesionales con las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos actuales y futuros en este ámbito. Al incorporar tecnologías digitales en la educación odontológica, se abre la puerta a nuevas posibilidades en el diseño y fabricación de prótesis bucomaxilofaciales, mejorando así la calidad de atención ofrecida a pacientes y promoviendo avances significativos en el área. Este cambio hacia métodos más avanzados y centrados en el diseño digital nos refleja un compromiso con la innovación en la práctica odontológica y sobre todo brindando la visibilidad e importancia requerida al área de Prótesis Maxilofacial para sobresalir en un campo en constante evolución.

## Referencias

---

1. Allareddy V, Allareddy V, Nalliah RP. Epidemiology of Facial Fracture Injuries. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. octubre de 2011;69(10):2613–8.
2. Cristache CM, Tudor I, Moraru L, Cristache G, Lanza A, Burlibasa M. Digital Workflow in Maxillofacial Prosthodontics—An Update on Defect Data Acquisition, Editing and Design Using Open-Source and Commercial Available Software. *Applied Sciences*. el 21 de enero de 2021;11(3):973.
3. Goiato MC, Dos Santos DM, Bannwart LC, Haddad MF, Pereira LV, Filho AJV. Surgical-allogeneic facial reconstruction: facial transplants. *J Dent (Tehran)*. noviembre de 2014;11(6):733–9.
4. Eyzaguirre D, Salazar-Gamarra R, Lengua SB, Dib LL. Evaluation of additive manufacturing processes in the production of oculo-palpebral prosthesis. *F1000Res [Internet]*. el 14 de febrero de 2022 [citado el 19 de febrero de 2024];11(2):505. Disponible en: </pmc/articles/PMC10799225/>
5. Beatty MW, Wee AG, Marx DB, Ridgway L, Simetich B, De Sousa TC, et al. Viscoelastic Properties of Human Facial Skin and Comparisons with Facial Prosthetic Elastomers. *Materials*. el 28 de febrero de 2023;16(5):2023.
6. Rodríguez Pimienta EM, Barreto Ortega MÁ, Rodríguez Betancourt MC, Medinilla Izquierdo G. Características clínicas y epidemiológicas de los pacientes con lesiones deformantes bucomaxilofaciales en la población espirituana. *Gaceta Médica Espirituana [Internet]*. 2015 [citado el 19 de febrero de 2024];17(3):39–47. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1608-89212015000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608-89212015000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
7. Alvarado Gamboa E, Benavides Ríos A, Jiménez Castillo R. Impacto en la República Mexicana del Programa Extramuros de Prótesis Maxilofacial de la Facultad de Odontología UNAM de 1994 al 2018 (reseña histórica). *Revista Odontológica Mexicana [Internet]*. el 28 de enero de 2019 [citado el 19 de febrero de 2024];23(1):48–54. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-199X2019000100048&script=sci\\_arttext#B2](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-199X2019000100048&script=sci_arttext#B2)
8. Laura Cahuana JG, Soto Caminada MR. Rehabilitación protésica individualizada en un defecto ocular de origen traumático. Reporte de caso. *Revista Científica Odontológica*. el 10 de diciembre de 2020;8(3):1–6.
9. Vivanco-Barahona M. Manejo Protésico y Multidisciplinario de Prótesis Maxilofacial: Serie de Casos. *International Journal of Odontostomatology [Internet]*. diciembre de 2021 [citado el 20 de febrero de 2024];15(4):797–805. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2021000400797&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2021000400797&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
10. Nápoles-González I de J, Nápoles-Salas AM, Puig-Capote E, Legrá-Gainza E. Necesidad de implementar la consulta de prótesis bucomaxilofacial en la provincia Camagüey. *Revista Archivo Médico de Camagüey [Internet]*. 2019 [citado el 20 de febrero de 2024];23(4):531–9. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552019000400531&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552019000400531&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
11. Padilla ASJ. Gobierno de México. Secretaría de salud. 2015 [citado el 19 de febrero de 2024]. Cáncer de boca y orofaringe. Disponible en: <http://www.infocancer.org.mx/?i=infografia&a=cancer-boca>

12. Nachón García MaG, Hernández Parra Tomás Gerardo, Sánchez Juárez Miguel Ánge, Vázquez Gómez Cynthía, Robledo Polo Ma. Teresa, Robledo Polo Irma. Prótesis máxilofacial: alternativa terapéutica para la recuperación integral del paciente con cáncer bucal. *Revista médica de la Universidad Veracruzana*. 2006;6(1):20–7.
13. Garita Medrano E, González Cardín V, Galicia Arias A. Rehabilitación protésica de órbita implantosoportada en paciente con secuela de meduloepitelioma teratoide maligno. *Revista odontológica mexicana [Internet]*. enero de 2014 [citado el 19 de febrero de 2024];18(1):50–6. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rom/v18n1/v18n1a9.pdf>
14. Sorolla JP. Anomalías craneofaciales. *Revista Médica Clínica Las Condes [Internet]*. enero de 2010 [citado el 19 de febrero de 2024];21(1):5–15. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-anomalias-craneofaciales-S0716864010705009>
15. Ventura-Martínez N, Guijarro-Martínez R, Morales-Navarro JD, Solís-García I, Puche-Torres M, Pérez-Herrezuelo Hermosa G. Displasia fibrosa craneofacial avanzada: a propósito de un caso. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial [Internet]*. enero de 2014 [citado el 20 de febrero de 2024];36(1):32–7. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1130055812000548>
16. Suárez Fernández R, Trasobares L, Medina S, García Rodríguez M. Neurofibromatosis. *Medicina Integral [Internet]*. el 15 de junio de 2001 [citado el 20 de febrero de 2024];38(2):64–8. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-neurofibromatosis-13015324>
17. García-Perla García A. Actuación en urgencias ante el traumatismo facial. *Revista Científica de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias [Internet]*. 2003 [citado el 19 de febrero de 2024];15(1):221–30. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-15/numero-4/actuacion-en-urgencias-ante-el-traumatismo-facial/>
18. Rangel Hernandez M, Ordóñez García R. Prevalencia de tumoraciones de nariz y senos paranasales en el Centro Médico Nacional “20 de noviembre” de enero de 1994 a diciembre de 2002. *Anales de otorrinolaringología mexicana*. 2005;50(1):36–42.
19. Mendoza Ugalde M de L, Torres Terán JF, Jiménez Castillo R. Rehabilitación protésica integral en ausencia de maxilar. Reporte de un caso. *Revista Odontológica Mexicana*. julio de 2015;19(3):192–200.
20. Rivera-Silva G. Epidemiología reportada de cáncer de labio, cavidad oral y orofaringe en México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. el 14 de abril de 2020;58(4):494–507.
21. Domínguez-Cherit J, Rodríguez-Gutiérrez G, Narváez Rosales V, Toussaint Caire S, Fonte Avalos V. Características del carcinoma epidermoide cutáneo y riesgo para el desarrollo de recidivas con cirugía convencional y cirugía con transoperatorio tardío. *Cir Cir*. noviembre de 2017;85(6):499–503.
22. A Dugad J, Athavale S, Chouksey G, Tongya R. Oral cancer rehabilitation: Requirement and responsibility of maxillofacial prosthodontist’s (MFP’s). *Surgery and Rehabilitation [Internet]*. 2017 [citado el 19 de febrero de 2024];1(4):1–4. Disponible en: [https://www.oatext.com/oral-cancer-rehabilitation-requirement-and-responsibility-of-maxillofacial-prosthodontists-mfps.php#Article\\_Info](https://www.oatext.com/oral-cancer-rehabilitation-requirement-and-responsibility-of-maxillofacial-prosthodontists-mfps.php#Article_Info)
23. Wright RF, Yamano S. Atlas of Oral and Maxillofacial Rehabilitation. *Journal of Prosthodontics [Internet]*. el 23 de enero de 2006 [citado el 19 de febrero de 2024];15(1):69–70. Disponible en: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1532-849X.2006.00073\\_1.x](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1532-849X.2006.00073_1.x)

24. Jiménez Gutiérrez MB, Robaina Ruiz JM, Díaz Cal I. Beneficios de los obturadores quirúrgicos en la rehabilitación bucomaxilofacial. Revisión de la literatura. *MediSur* [Internet]. 2003 [citado el 20 de febrero de 2024];19(1):166–74. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2021000100166&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2021000100166&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
25. Aramany MA. Basic principles of obturator design for partially edentulous patients. Part I: Classification. *J Prosthet Dent*. diciembre de 2001;86(6):559–61.
26. Cantor R, Curtis TA. Prosthetic management of edentulous mandibulectomy patients. Part I. Anatomic, physiologic, and psychologic considerations. *Journal of Prosthodontics Dentistry*. abril de 1971;25(4):446–57.
27. Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 2017 [citado el 19 de febrero de 2024]. Normas de ortoprotésica de la OMS. Parte I. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/259508/9789243512488-part1-spa.pdf;sequence=1>
28. Maestre Gandia A. Visión general de las prótesis maxilofaciales. *Gaceta Dental* [Internet]. febrero de 2016 [citado el 19 de febrero de 2024];153–69. Disponible en: [https://www.gacetadental.com/wp-content/uploads/2016/02/277\\_LABORATORIO\\_VisionProtesisMaxilofaciales.pdf](https://www.gacetadental.com/wp-content/uploads/2016/02/277_LABORATORIO_VisionProtesisMaxilofaciales.pdf)
29. Saroya KK, Singh K, Sethi N, Suman N, Kaur S, Bawa R. Orbital prosthesis- An innovative approach. *J Family Med Prim Care*. marzo de 2022;11(3):1188–90.
30. Jain S, Idris KIA, Al Omar NEM, Atiah AY, Atiah AY, Aggarwal A. Replacement Time of Custom Ocular Prosthesis in Children: A Review Article. *Int J Clin Pediatr Dent*. el 29 de octubre de 2021;14(4):558–61.
31. Álvarez A V. Prótesis Bucomaxilofacial. Procedimientos clínicos. 3a ed. Collazo Silvariño N, editor. Vol. 1. Cuba: Editorial Ciencias Médicas; 2013. 6–61 p.
32. Milena Gómez P. Prótesis oculares: “Una mirada a las prótesis oculares”. *Investigaciones Andina* [Internet]. 2010 [citado el 20 de febrero de 2024];12(20):66–83. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81462010000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81462010000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
33. Rojas Rondón I, Turiño Peña H, Ramírez García L, Duperet Carvajal D, Carrazana Pérez YM, Rodríguez Masó S. Manejo clínicoquirúrgico de la anoftalmia y de la microftalmia congénitas. *Revista Cubana de Oftalmología* [Internet]. 2016 [citado el 20 de febrero de 2024];29(4):663–73. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21762016000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762016000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
34. Tripathy K, Chawla R, Temkar S, Sagar P, Kashyap S, Pushker N, et al. Phthisis Bulbi—a Clinicopathological Perspective. *Semin Ophthalmol*. el 18 de agosto de 2018;33(6):788–803.
35. Ortiz Silveria M, García Galí M, Reborido Fernández M, Díaz García M, Torres Ortiz H. Consideraciones generales de las técnicas de evisceración y enucleación del globo ocular. *MEDISAN* [Internet]. 2009 [citado el 19 de febrero de 2024];13(4):1–7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368448454011>
36. Moshfeghi DM, Moshfeghi AA, Finger PT. Enucleation. *Surv Ophthalmol*. enero de 2000;44(4):277–301.
37. Hernández Cordón ECR, Molina Illescas M, Ramírez Orozco OE. Caso Exenteración orbitaria en carcinoma basocelular. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI*. el 31 de julio de 2021;5(2):13–22.

38. Rocha I. Anaplastología de México. 2024. Prótesis Oculares.
39. Martínez León MI, Martínez Del Castillo ML, García Soldevilla N, Hernández Móñiz F, Gómez De Gabriel JM. Evaluación Radiológica Prequirúrgica del Implante Auricular en la Malformación Congénita del Conducto Auditivo Externo. SERAM [Internet]. el 26 de mayo de 2022 [citado el 19 de febrero de 2024];1(1). Disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/9288>
40. Morales Navarro D, Quisilema Cadena MX, Oropesa Collado L. Reconstrucción de una pérdida parcial del pabellón auricular por trauma. Rev Cubana Estomatol [Internet]. 2016 [citado el 20 de febrero de 2024];53(1):111–8. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75072016000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072016000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
41. Storck K, Staudenmaier R, Buchberger M, Strenger T, Kreutzer K, von Bomhard A, et al. Total Reconstruction of the Auricle: Our Experiences on Indications and Recent Techniques. Biomed Res Int. el 14 de abril de 2014;2014(373286):1–15.
42. Medellín Castillo HI, Méndez Ruiz V. Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. marzo de 2016;3(6):8–22.
43. Martins Curi M, Benites Condez AF, Faria Puentes C, Rollon M, Koga DH, Lopes Cardoso C. Rehabilitación auricular con prótesis implanto soportada Reporte de caso. Acta Odontol Venez. el 1 de noviembre de 2017;55(2).
44. Morales Navarro D. Reconstrucción postraumática de una pérdida parcial auricular. Rev Cubana Estomatol [Internet]. el 15 de octubre de 2019 [citado el 20 de febrero de 2024];56(3). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75072019000300016&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072019000300016&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
45. Pickrell BB, Hughes CD, Maricevich RS. Partial Ear Defects. Semin Plast Surg. el 9 de agosto de 2017;31(3):134–40.
46. Cabello Morán S. Deformidades del pabellón auricular, oreja contraída u oreja en copa. Medicina (Guayaquil). 2002;8(2):143–6.
47. Martínez Ruiz-Coello A, Ibáñez Mayayo A, Pinilla Urraca MT. Fisiología de la nariz y de los senos paranasales. Mecanismo de la olfacción. En: Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial SEORL-PCF, editor. Libro Virtual de Formación en Otorrinolaringología SEORL. Madrid: SEORL-PCF; 2015. p. 1–15.
48. Castañeda Deroncelé M, Cordero García S. Rehabilitación protésica de un paciente con defecto nasal. MEDISAN [Internet]. 2017 [citado el 20 de febrero de 2024];21(5):586–9. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192017000500011&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017000500011&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
49. Peñón Vivas PA, Peregrino J, Castañeda Barbán RA. Evaluación del comportamiento de técnicas reconstructivas para la reparación de defectos nasales parciales. Revista Habanera de Ciencias Médicas [Internet]. 2009 [citado el 20 de febrero de 2024];8(4):0–0. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2009000400018&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000400018&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
50. Nápoles González I de J, Nápoles Salas AM, Riverón Martínez Y, Buceta Área A. Uso de colorantes alternativos en prótesis nasal: reporte de un caso. Revista Archivo Médico de Camagüey [Internet]. 2017 [citado el 20 de febrero de 2024];21(3):378–83. Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552017000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552017000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

51. Bolinaga Zubizarreta U, Lobato Pérez M del R, Martínez Basterra Z, Algaba Guimera J. Patología de la pirámide nasal y del vestíbulo. Malformaciones de la nariz y de los senos paranasales. En: Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial SEORL-PCF, editor. Libro Virtual de Formación en Otorrinolaringología SEORL. Madrid: SEORL-PCF; 2015. p. 1–14.
52. Malard O, Lanhouet J, Michel G, Dreno B, Espitalier F, Rio E. Full-thickness nasal defect: Place of prosthetic reconstruction. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* abril de 2015;132(2):85–9.
53. Nascimento LA, Coelho Goiato M, Nardi Mancuso D, Da Motta Gabriel MB. Prótesis nasal de uso nocturno, Presentación de un caso. *Acta Odontol Venez [Internet].* marzo de 2008 [citado el 20 de febrero de 2024];46(1):85–7. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652008000100018&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000100018&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
54. Bains MA, Dib VN, De Leonardi G. Un enfoque integral sobre Prótesis Bucomaxilofacial. *Claves de Odontología.* noviembre de 2013;20(71):37–457.
55. Klimczak J, Helman S, Kadakia S, Sawhney R, Abraham M, Vest AK, et al. Prosthetics in Facial Reconstruction. *Craniofac Trauma Reconstr.* el 1 de marzo de 2018;11(1):006–14.
56. Presidencia del Consejo de Ministros Plataforma del Estado Peruano. Plataforma del Estado Peruano. 2024 [citado el 20 de febrero de 2024]. Qué son las tecnologías digitales. Disponible en: <https://www.gob.pe/29101-que-son-las-tecnologias-digitales>
57. Praides Ramiro G. Odontología digital: El futuro es ahora. *Soluciones Clínicas en Odontología.* diciembre de 2017;4–10.
58. Suresh N, Chandrashekar J, Suresh N, Krishnapriya VN, Mathew A. Effectiveness of digital data acquisition technologies in the fabrication of maxillofacial prostheses – A systematic review. *J Oral Biol Craniofac Res.* enero de 2022;12(1):208–15.
59. Unkovskiy A, Spintzyk S, Axmann D, Engel E, Weber H, Huettig F. Additive Manufacturing: A Comparative Analysis of Dimensional Accuracy and Skin Texture Reproduction of Auricular Prostheses Replicas. *Journal of Prosthodontics.* el 10 de febrero de 2019;28(2):460–8.
60. Williams FC, Hammer DA, Wentland TR, Kim RY. Immediate Teeth in Fibulas: Planning and Digital Workflow With Point-of-Care 3D Printing. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* agosto de 2020;78(8):1320–7.
61. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in Dentistry—State of the Art. *Oper Dent.* el 1 de enero de 2020;45(1):30–40.
62. Caparoso Pérez C, Duque Vargas JA. Cerámicas y sistemas para restauraciones CAD-CAM: una revisión. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia.* junio de 2010;22(1):88–108.
63. Vilarrubí A, Pebé P, Rodríguez A. Prótesis fija convencional libre de metal: tecnología CAD CAM-Zirconia, descripción de un caso clínico. *Odontología [Internet].* diciembre de 2011 [citado el 20 de febrero de 2024];13(18):16–28. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-93392011000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392011000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

64. Edwards SP. Computer-Assisted Craniomaxillofacial Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* febrero de 2010;22(1):117–34.
65. Seelaus R, Arias E, Morris D, Cohen M. State of the Art Care in Computer-Assisted Facial Prosthetic Rehabilitation. *Journal of Craniofacial Surgery.* mayo de 2021;32(3):1255–63.
66. Watson J, Hatamleh MM. Complete integration of technology for improved reproduction of auricular prostheses. *J Prosthet Dent.* mayo de 2014;111(5):430–6.
67. He Y, Xue G huai, Fu J zhong. Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer. *Sci Rep.* el 27 de noviembre de 2014;4(1):6973.
68. Unkovskiy A, Spintzyk S, Brom J, Huettig F, Keutel C. Direct 3D printing of silicone facial prostheses: A preliminary experience in digital workflow. *J Prosthet Dent.* agosto de 2018;120(2):303–8.
69. Jamayet N Bin, Abdullah JY, Rahman AM, Husein A, Alam MK. A fast and improved method of rapid prototyping for ear prosthesis using portable 3D laser scanner. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery.* junio de 2018;71(6):946–53.
70. Jazayeri HE, Kang S, Masri RM, Kuhn L, Fahimipour F, Vanevenhoven R, et al. Advancements in craniofacial prosthesis fabrication: A narrative review of holistic treatment. *J Adv Prosthodont.* diciembre de 2018;10(6):430–9.
71. Farook TH, Jamayet NB, Abdullah JY, Rajion ZA, Alam MK. A systematic review of the computerized tools and digital techniques applied to fabricate nasal, auricular, orbital and ocular prostheses for facial defect rehabilitation. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* junio de 2020;121(3):268–77.
72. Unkovskiy A, Wahl E, Huettig F, Keutel C, Spintzyk S. Multimaterial 3D printing of a definitive silicone auricular prosthesis: An improved technique. *J Prosthet Dent.* junio de 2021;125(6):946–50.
73. Bi Y, Wei H. Fully digital workflow for the rehabilitation of a total nasal defect with a prosthesis. *J Prosthet Dent.* enero de 2024;131(1):167–71.
74. Bhaskar N, Shetty S, D ´Souza R, Nagraj E, Shetty O. Management of Velopharyngeal Defects: A Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* marzo de 2014;8(3):283–7.
75. Sabol J V., Grant GT, Liacouras P, Rouse S. Digital Image Capture and Rapid Prototyping of the Maxillofacial Defect. *Journal of Prosthodontics.* el 25 de junio de 2011;20(4):310–4.
76. Destruhaut F, Caire JM, Dubuc A, Pomar P, Rignon-Bret C, Naveau A. Evolution of facial prosthetics: Conceptual history and biotechnological perspectives. *International Journal of Maxillofacial Prosthetics.* el 1 de abril de 2021;4(1):2–8.
77. Mohammed Mazherl, Tatineni J, Cadd B, Peart G, Gibson I. Applications of 3D topography scanning and multi-material additive manufacturing for facial prosthesis development and production. *Solid Freeform Fabrication 2016: Proceedings of the 26th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference.* 2016;1695–707.
78. The Academy of Prosthodontics. *The Glossary of Prosthodontic Terms.* En: Ferro KJ, Morgano SM, editores. *The Glossary of Prosthodontic Terms.* 9a ed. 1956. p. 1–34.
79. Tanveer W, Ridwan-Pramana A, Molinero-Mourelle P, Forouzanfar T. Systematic Review of Clinical Applications of CAD/CAM Technology for Craniofacial Implants Placement and Manufacturing of Orbital Prostheses. *Int J Environ Res Public Health.* el 28 de octubre de 2021;18(21):11349.

80. Abdulameer HM, Tukmachi M. Nasal Prosthesis Fabrication using Rapid Prototyping and 3D Printing (A Case Study). *Int J Innov Res Sci Eng Technol*. agosto de 2017;6(8):15520–6.
81. Palousek D, Rosicky J, Koutny D. Use of digital technologies for nasal prosthesis manufacturing. *Prosthet Orthot Int*. abril de 2014;38(2):171–5.

*Las imágenes del capítulo 3 están protegidas por derechos de autor, para consultas adicionales sobre el “Manual de diseño digital de Prótesis Bucomaxilofacial”, por favor, póngase en contacto con el Mtro. Rogelio Danovan Venegas Lancón a través del correo electrónico: [danovl@comunidad.unam.mx](mailto:danovl@comunidad.unam.mx).*