



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

REGULARIZACIÓN ÓSEA DIGITALMENTE ASISTIDA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

MANUEL ISMAEL MARTÍNEZ REVELES

TUTOR: ESP. JOSÉ HUMBERTO VIALES SOSA

ASESOR: ESP. MERCEDES GUADALUPE PORRAS OCAMPO

MÉXICO, Cd. Mx.

V o B o

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Claudia Mónica Reveles Tapia que siempre apoyó mis ideas y proyectos, me impulsa cada día a ser una mejor persona. Su ímpetu me ha enseñado a perseguir mis metas y cumplir mis sueños sin importar las adversidades. Quien gracias a su esfuerzo y voluntad diaria ha sido mi sostén económico para hoy cumplir este logro.

A mi abuelito Ismael Reveles de León, mi mayor ejemplo a seguir por formar mi carácter, por enseñarme el valor de la honestidad, la humildad y la dedicación. Gracias a ti, por todas tus enseñanzas, por demostrarme el amor de un padre. Has sido y serás eternamente la llama que ilumine mi camino. Espero llenarte de orgullo donde quiera que estés, un abrazo hasta el cielo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Odontología, mi máxima casa de estudios que me abrió las puertas y recibió con los brazos llenos de oportunidades, hoy egreso de esta majestuosa universidad y llevaré a la UNAM siempre en mi corazón.

A mi familia, por comprenderme, escucharme y apoyarme siempre, por demostrarme que el amor de una madre por su hijo lo es todo para alcanzar la felicidad.

Al doctor José Humberto Viales Sosa y la doctora Mercedes Guadalupe Porras Ocampo por su paciencia y atención al realizar este trabajo, me demostraron ser excelentes profesionales y sembraron en mí la duda ante el conocimiento que se moldea a través del tiempo.

Al doctor Juan Quezada Román es de reconocer su dedicación, su disciplina y su vocación, le agradezco mucho el interés, el apoyo y su amabilidad al realizar este trabajo.

Al doctor Ricardo Velázquez García por el aporte quirúrgico al trabajo, agradezco su atención e instrucción.

DEDICATORIA

A mis amigos Vanessa, Daniel, Lizeth, Gerardo por acompañarme en momentos muy especiales para mí, los considero amigos de corazón.

A mis amigas Jimena, Ariane, Paola, Esmeralda juntos logramos nuestro sueño, me quedo los recuerdos de nuestras aventuras y momentos que con tanta alegría compartimos, espero poder seguir aprendiendo en su compañía.

A mis amigas Jacqueline y Gabriela quienes alegraron mis días en la pandemia, confió en su inteligencia y capacidades sé que cumplirán sus sueños y metas.

A mis amigos Miguel, Gemma, Lupita por estar presentes cuando más los necesite, llenan de alegría mis días y sé que puedo contar con ustedes.

A mi amigo Andrés Larreta por su apoyo en este trabajo, fue de mucha ayuda sus conocimientos para guiarme en búsqueda de información valiosa y de calidad.

A todos mis docentes, son muchos los profesores que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero dedicar este trabajo como muestra de agradecimiento por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

A mis hermanas Viridiana y Nayeli por escucharme y apoyarme en sus posibilidades, las llevo siempre en el corazón.

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	2
1. CAPÍTULO I BIOLOGÍA ÓSEA.....	3
1.1 Estructura.....	3
1.1.1 Matriz.....	3
1.1.2 Mineralización.....	4
1.1.3 Células.....	5
1.1.4 Médula ósea	7
1.2 Cicatrización Ósea	7
2. CAPÍTULO II CONSIDERACIONES ANATÓMICAS.....	9
2.1 Relación de la cresta alveolar interarcada.....	9
2.2 Línea de la sonrisa	9
2.2.1 Sonrisa media.....	10
2.2.2 Sonrisa baja.....	10
2.2.3 Sonrisa alta.....	11
2.3 Fenotipo gingival	11
2.3.1 Fenotipo grueso.....	12
2.3.2 Fenotipo fino	12
2.4 Espacio protésico	12
2.5 Reborde alveolar residual.....	15
2.6 Clasificación de los defectos del reborde alveolar	16
2.6.1 Clasificación de Seibert	16
2.6.2 Clasificación de Allen.....	17
2.6.3 Clasificación de Wang	18
2.6.4 Clasificación de Lekholm y Zarb	19
2.6.5 Clasificación de Misch y Judy	20
2.6.6 Clasificación de Norton y Gamble.....	22
3. CAPÍTULO III CONSIDERACIONES CLÍNICAS.....	23
3.1 Análisis de hueso disponible	23
3.1.1 Altura ósea disponible.....	23
3.1.2 Ancho óseo disponible.....	24
3.1.3 Espacio mesiodistal óseo disponible.....	25
3.2 Regularización de proceso.....	26

3.3 Tipos de rehabilitaciones.....	28
3.3.1 Prótesis fija	29
3.3.2 Prótesis removibles.....	34
4. CAPÍTULO IV AUXILIARES DIAGNÓSTICOS	38
4.1 Tomografía axial computarizada (TAC).....	38
4.2 Tomografía Cone Beam (CBCT)	39
4.2.1 Planos (coronal, axial y sagital).....	40
4.2.2 Unidades Hounsfield.....	42
4.3 Escaneo intraoral (IOS).....	44
4.4 Estereolitografía (SLA)	44
4.5 Marcadores fiduciaros	46
4.6 Cirugía navegada X-Guide® NobelBiocare, Zurich, Switzerland	47
4.7 Cirugía guiada.....	47
5. CAPÍTULO V GUÍA DE REGULARIZACIÓN ÓSEA.....	49
5.1 RealGUIDE™ 3DIEMME Italy	49
5.2 Diseño de guía de regularización ósea mediante el sistema RealGUIDE™ 3DIEMME Italy	50
5.2.1 Incorporación de archivos de escaneo intraoral STL.....	50
5.2.2 Segmentación tomográfica	51
5.2.3 Manipulación de mallas	51
5.2.4 Encerado diagnóstico digital	52
5.2.5 Análisis y toma de decisiones	53
5.2.6 Diseño de guía quirúrgica de regularización ósea.....	53
5.2.7 Reducción ósea digital.....	53
5.2.8 Verificación de espacio	54
5.2.9 Planificación de implantes.....	54
5.2.10 Diseño de guía de colocación de implantes	55
5.2.11 Diseño de guía de provisionalización	56
5.2.12 Implementación clínica	56
5.3 Alternativas de sistemas de planeación.....	57
5.3.1 Blue Sky Plan Bluesky Bio, Illinois	57
5.3.2 CoDiagnostiX Straumann® Suiza	58
5.3.3 DTX Studio™ Implant 3 Nobel Biocare Zurich, Switzerland	59
5.3.4 Implastation ProDigiDent Inc. Illinois	60

5.3.5 Exoplan 3.0 Galway Exocad USA.....	60
Conclusión.....	62
Referencias	63

INTRODUCCIÓN

El edentulismo representa una problemática actual donde las soluciones quirúrgicas y protésicas cada vez están más enfocadas en la mínima invasión, y en caso del tratamiento con implantes en la carga inmediata.

Cuando el nivel óseo es irregular o la cresta ósea no está nivelada es necesario diagnosticar adecuadamente y realizar un plan de tratamiento en el cual puede que se necesite una regularización ósea con el objetivo de que tenga las dimensiones necesarias para colocar implantes y el espacio protésico adecuado para realizar una rehabilitación.

La planeación quirúrgica en el ámbito odontológico se mantuvo de forma analógica dando resultados exitosos dependiendo en buena parte de la experiencia y habilidades del cirujano.

La tecnología nos brinda la posibilidad de realizar un flujo de trabajo digital con ventajas relevantes como una previsualización de los resultados, un uso sinérgico de las herramientas diagnósticas con el fin de conseguir una planeación quirúrgica-protésica completa, de esta forma se aumenta significativamente la precisión, se disminuyen los tiempos de trabajo y se reducen las citas del tratamiento, consiguiendo así resultados más predecibles.

El propósito de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica, haciendo uso de estas nuevas tecnologías, demostrando las ventajas clínicas, estéticas y funcionales que representa el empleo del flujo digital.

OBJETIVOS

- Describir la regularización ósea digitalmente asistida para la rehabilitación de un paciente edéntulo.
- Identificar los métodos diagnósticos utilizados para una correcta planeación en el tratamiento del paciente edéntulo.

1. CAPÍTULO I BIOLOGÍA ÓSEA

El tejido óseo se caracteriza por estar compuesto por una matriz orgánica e inorgánica. Está formado por diversos tejidos especializados, como el periostio, el endostio y la médula ósea, que colaboran de manera conjunta para cumplir sus funciones fundamentales. Es uno de los tejidos más resistentes del cuerpo, cuando se le ejerce una fuerza es capaz de experimentar un proceso de remodelación que le permite adaptarse. Esto se logra reabsorbiendo hueso en las zonas de mayor presión y produciendo hueso en las zonas pasivas. Las funciones principales del tejido óseo incluyen la resistencia a cargas, protegiendo así a los órganos vitales internos de las fuerzas externas, el almacenamiento de minerales como el calcio y el fosfato para mantener la homeostasis. Este sistema es altamente complejo y está regulado por factores bioquímicos, hormonales, celulares y biomecánicos.(1-3)

1.1 Estructura

El tejido óseo está compuesto por una matriz orgánica y una matriz inorgánica las cuales se mineralizan.(1)

1.1.1 Matriz

El tejido óseo se encuentra conformado por una matriz que combina componentes orgánicos e inorgánicos, siendo la fracción orgánica responsable de aproximadamente un 30-35% de su peso total. La matriz orgánica, a su vez, consiste en un 90% de colágeno tipo 1 y un 10% de proteínas no colágenas, tales como proteoglicanos, glucoproteínas y proteínas dependientes de vitamina K. Estas proteínas no colágenas están estrechamente relacionadas con factores de crecimiento y citocinas, desempeñando un papel esencial en la promoción de la osteogénesis adecuada, en conjunto estos componentes conforman la sustancia fundamental que desempeña un papel esencial en el desarrollo, remodelación, crecimiento y reparación del tejido óseo. (1-3)

Proteínas no colágenas

Ross MH, Pawlina W. mencionan que existen 4 grupos de proteínas no colágenas que se identifican en la matriz ósea las cuales se explican a continuación:

- Macromoléculas de proteoglucanos

Participan en la fijación de factores de crecimiento, así como pueden inhibir la mineralización. Una de estas macromoléculas es el queratán- sulfato uno de los proteoglucanos que contienen osteoadhenina, una proteína ósea que permite una unión con firmeza a los cristales de hidroxapatita, brindando la propiedad de resistencia.(2)

- Glucoproteínas multiadhesivas

Su principal función es la adhesión de las células óseas y las fibras de colágeno a la sustancia fundamental mineralizada contribuyendo a la unión entre el colágeno y los cristales de hidroxapatita utilizando la proteína osteonectina.(2)

- Proteínas dependientes de la vitamina K (osteo específicas)

Son proteínas que desempeñan un papel fundamental en la captación de calcio desde la corriente sanguínea como la osteocalcina, estas proteínas actúan como agentes quimiotácticos, atrayendo y estimulando la actividad de las células osteoclasticas durante el proceso de remodelado del tejido óseo.(2)

- Factores de crecimiento y citocinas

Las proteínas morfogenéticas óseas son proteínas reguladoras, que inducen la diferenciación de células mesenquimatosas en osteoblastos la BMP-7 humana recombinante se utiliza hoy en día para inducir el crecimiento óseo en un proceso quirúrgico.(2)

1.1.2 Mineralización

La mineralización es un proceso que tiene lugar en la matriz extracelular, utilizando los recursos presentes en esta, como las fibras de colágeno y la sustancia fundamental. El osteoblasto desempeña un papel central en este proceso, ya que, mediante proteínas reguladoras como la osteocalcina, las sialoproteínas óseas y la osteoadhenina, regula las concentraciones de fosfato, controlando así la actividad de la fosfatasa alcalina. Simultáneamente, se acumulan iones de calcio y fosfato en la matriz extracelular, lo que resulta fundamental para el inicio de la mineralización.(2, 4)

1.1.3 Células

Las células que componen el sistema óseo son las células osteoprogenitoras que derivan de células madre mesenquimatosas y aún conservan su capacidad de mitosis, los osteoblastos los cuales sus funciones no solo se reducen en la síntesis de matriz orgánica, también dirigen la mineralización y poseen receptores para la hormona paratiroidea, los osteocitos son las células óseas maduras son el sucesor de los osteoblastos después de secretar su matriz ósea y los osteoclastos que son células multinucleadas que se originan a partir de granulocitos macrófagos y se encargan de la reabsorción ósea.(2, 3)

1.1.3.1 Osteoprogenitoras

Las células osteoprogenitoras son células derivadas del mesénquima embrionario, se encuentran en la capa interna del periostio revistiendo los conductos de havers y en el endostio, permanecen el mismo sitio durante toda la vida y tienen el potencial para diferenciarse en osteoblastos para comenzar con formación ósea. Su periodo más activo se encuentra en el periodo de crecimiento óseo intenso.(2)

1.1.3.2 Osteoblastos

Las proteínas BMP-6, BMP-2 y BMP-4, el factor de crecimiento transformador β inducen a las células osteoprogenitoras a diferenciarse en osteoblastos, las células encargadas de la síntesis de la matriz ósea.(2, 3)

Estas células fabrican macromoléculas muy importantes como:

- Osteocalcina, una molécula de señalización responsable de la mineralización ósea.(3)
- Osteonectina, una glicoproteína que participa en la unión de los cristales de hidroxiapatita con el colágeno.(3)
- Osteopontina que colabora en la formación de la zona de sellado de los osteoclastos.(3)
- Sialoproteína ósea que ayuda a los osteoblastos a adherirse a la matriz ósea.(3)
- Osteoprotegerina es una glicoproteína que puede unirse al RANKL e interferir en la formación de los osteoclastos.(3)

Los osteoblastos se encuentran en la superficie del hueso, y durante su proceso activo de secreción de matriz, presentan un citoplasma basófilo, con el núcleo ubicado en posición contraria donde ocurre la actividad secretora, estos osteoblastos se mantienen unidos entre sí por medio de extensiones cortas y a su vez, se conectan con osteocitos a través de prolongaciones más largas, estableciendo conexiones comunicantes entre ellos. Después de la liberación de los productos secretados por exocitosis, cada célula queda circundada por la matriz ósea recién producida, en este estado la célula se denomina osteocito y el espacio que ocupa es conocido como laguna.(2)

1.1.3.3 Osteocitos

El osteocito es una célula madura del tejido óseo, se encuentra rodeado por la matriz ósea previamente secretada en su etapa de osteoblasto. La transformación del osteoblasto en osteocito se efectúa en un lapso de aproximadamente tres días, durante este período, el osteoblasto produce una cantidad significativa de matriz extracelular, reduciendo su volumen aproximadamente un 70%. Simultáneamente, disminuye la cantidad y tamaño de sus orgánulos y desarrolla prolongaciones celulares que se irradian desde su cuerpo celular. Cada osteocito desarrolla en promedio alrededor de 50 prolongaciones celulares, después de la mineralización de la matriz ósea, cada osteocito ocupa una cavidad, adaptada a su forma, denominada laguna. Los osteocitos extienden sus prolongaciones citoplasmáticas a través de canalículos en la matriz ósea, estableciendo comunicación con osteocitos vecinos y células de revestimiento óseo a través de uniones de hendidura formadas por la familia de conexinas presentes en el tejido óseo. Además de esta comunicación célula a célula, los procesos de los osteocitos contienen hemiconductos, que permiten la comunicación entre las células y la matriz extracelular.(2, 3)

1.1.3.4 Osteoclastos

Los osteoclastos son células grandes y multinucleadas que se encuentran en los lugares donde se produce la reabsorción ósea. Estas células se sitúan directamente sobre la superficie ósea que está siendo sometida a la reabsorción. La actividad de los osteoclastos da lugar a la formación de una cavidad conocida como laguna de resorción o laguna de Howship, que puede observarse directamente en el hueso, justo

debajo de los osteoclastos. Estas células son distinguibles no solo por su tamaño considerable, sino también por su notoria producción de sustancias degradantes. Contienen enzimas como la fosfatasa ácida la cual se utiliza en la práctica clínica como un marcador de la actividad y la diferenciación de los osteoclastos. Cabe destacar que los osteoclastos se originan a partir de la fusión de células progenitoras mononucleares de origen hematopoyético, bajo la influencia de diversas citocinas.(2)

1.1.4 Médula ósea

La médula ósea se clasifica como un tipo de tejido conectivo difuso y blando conocido como tejido mieloide, desempeñando un papel fundamental como sitio de generación de células sanguíneas. Se localiza en la cavidad medular de ciertos huesos largos y en los espacios del hueso esponjoso en áreas específicas del cuerpo.(5)

A lo largo del ciclo de vida de un individuo, se observan dos tipos de médula ósea. En un recién nacido o un niño, prácticamente todos los huesos contienen médula ósea roja, que se caracteriza por su función en la producción de eritrocitos.(1, 5)

Sin embargo, al avanzar en la edad, la médula ósea roja experimenta un proceso gradual de sustitución por médula ósea amarilla. En esta forma de médula ósea, una población creciente de adipocitos comienza a reemplazar a las células madre hematopoyéticas. Además, los adipocitos emiten señales que incitan a las células madre restantes a reducir la producción de células sanguíneas.(1, 5)

1.2 Cicatrización Ósea

La cicatrización se basa en dos principios básicos, la reparación que consiste en la formación de un tejido cuya morfología o función es distinta al tejido inicial y la regeneración es el proceso por el cual se recupera completamente la morfología y la función.(1, 5)

Cuando un hueso sufre una lesión, se inicia de inmediato un proceso de cicatrización que se compone de tres etapas: la fase de inflamación, seguida por la fase de reparación y finalmente la fase de remodelado.(1, 5)

La fase de inflamación se inicia inmediatamente después de la lesión del tejido y tiene una duración aproximada de dos semanas, la liberación de citocinas por parte de las células dañadas atrae a las células inflamatorias hacia la zona afectada, donde los

macrófagos comienzan la fagocitosis del tejido y las células lesionadas. Al mismo tiempo, los osteoclastos comienzan a reabsorber el hueso dañado, reciclando sus componentes minerales, las células derivadas de los linajes mieloides y mesenquimales son atraídas y se diferencian en osteoblastos y condroblastos, iniciando la fase de reparación donde el primer paso implica la formación de un coágulo sanguíneo el cual posteriormente se transformará en un callo óseo o tejido osteoide. En este tejido, comienza a desarrollarse la nueva matriz ósea, los osteoblastos producen una matriz de proteínas que aporta la mineralización del callo duro, compuesto por hueso inmaduro reticular, puede llevar de 6 a 12 semanas desde el momento de la lesión.(1, 5)

En la fase de remodelado, tanto la matriz ósea como el cartílago se transforman para dar lugar al hueso maduro. El tejido óseo reticular se convierte en hueso laminar maduro mediante el proceso de recambio óseo normal.(1)

2. CAPÍTULO II CONSIDERACIONES ANATÓMICAS

2.1 Relación de la cresta alveolar interarcada

En el caso de pacientes edéntulos, es necesario restaurar las relaciones intermaxilares que solían existir en su dentadura natural mediante el uso de una prótesis total. El espacio tridimensional entre los dos procesos desdentados se ve ocupado por el componente protésico y las estructuras dentarias artificiales. Estas estructuras, al interrumpir el movimiento de elevación de la mandíbula, influyen en la dimensión vertical del rostro cuando los dientes están en oclusión (DVO). Durante la deglución, es común que las estructuras dentarias antagonistas entren en contacto y establezcan relaciones intermaxilares en planos tanto verticales como horizontales en una máxima intercuspidad (ICP). Es importante destacar que la DVO y la ICP están correlacionadas, y la ICP solo es válida para la DVO específica para la cual fue diseñada. Para resolver este problema, es necesario transferir, a través de un arco facial, el eje de rotación terminal de la mandíbula y sus relaciones espaciales con el cráneo a un articulador permitiéndonos la confección adecuada de nuestra prótesis, respetando la relación intermaxilar del paciente.(6, 7)

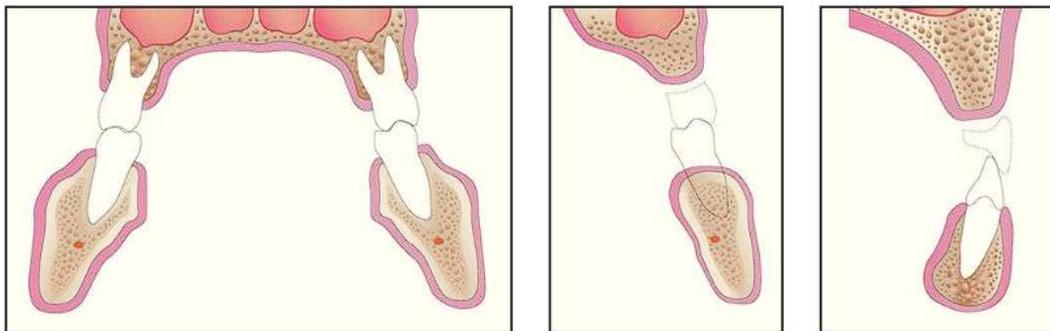


Figura 1. Relación de la cresta alveolar interarcada. Recurso tomado de (8)

2.2 Línea de la sonrisa

La línea de la sonrisa o también conocida como plano incisal se identifica como una línea imaginaria que recorre los bordes incisales de los dientes anteriores superiores, forma parte esencial de una sonrisa atractiva.

Cuando los dientes se encuentran en una posición ideal esta línea debe seguir la curvatura natural del labio inferior al sonreír.

Siguiendo este concepto los centrales deben ser ligeramente más largos que los laterales y los caninos, esta característica le brinda una apariencia joven y atractiva a la sonrisa. Mientras que en el caso contrario donde los centrales parecen más cortos que los caninos y los laterales se encuentran en el plano incisal se observa una línea de sonrisa invertida que tiene una apariencia más envejecida en el paciente. (9-11)

2.2.1 Sonrisa media

La sonrisa media muestra del 75% al 100% de las coronas con la encía interproximal, es considerada una línea de la sonrisa ideal ya que en ella el borde inferior del labio superior es compatible con el contorno gingival de los dientes mientras que el borde superior del labio inferior es equidistante a los bordes incisales de los dientes superiores. (11, 12)

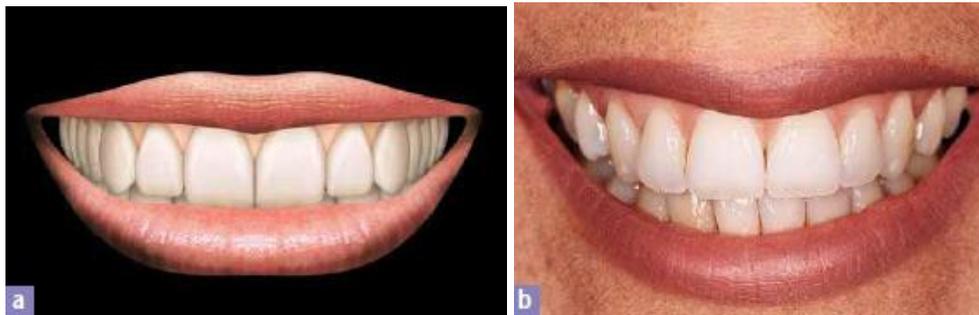


Figura 2. Sonrisa media. Recurso tomado de (12)

2.2.2 Sonrisa baja

Una línea de sonrisa baja muestra menos del 75% de la corona, cuando la línea labial es baja los pacientes exhiben principalmente los dientes inferiores mientras la calidad estética se relaciona principalmente con la apariencia de los dientes superiores en su mitad incisal. (11, 12)



Figura 3. Sonrisa baja. Recurso tomado de (12)

2.2.3 Sonrisa alta

Una sonrisa alta muestra el 100% de los dientes y más de 3mm de tejido gingival, el riesgo estético aumenta considerablemente debido a la exposición de tejido gingival.(11, 12)

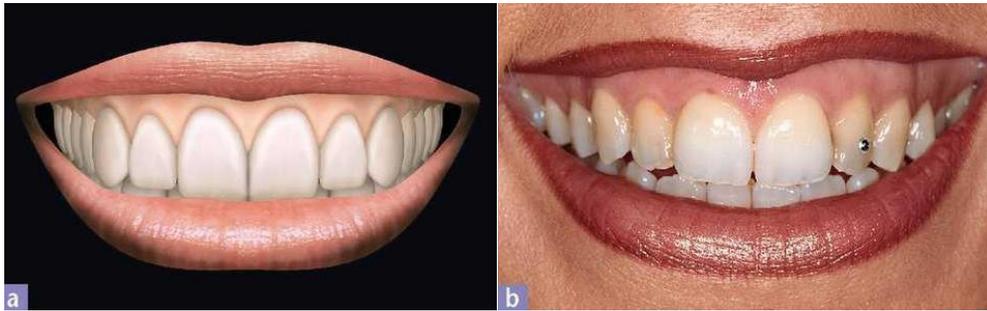


Figura 4. Sonrisa alta. Recurso tomado de (12)

2.3 Fenotipo gingival

En 1969 Ochsenbein y Ross clasificaron 2 tipos principales de anatomía gingival: plana y festoneada.(13)

Asociaron la encía plana a la forma anatómica cuadrada de los dientes mientras que la festoneada corresponde a una forma cónica. También llegaron a la conclusión que la encía marginal sigue la anatomía del hueso alveolar. (13)

El término biotipo gingival fue descrito por Seibert y Lindhe los cuales lo clasificaron en biotipo gingival festoneado o fino y biotipo gingival plano o grueso.

La cresta alveolar de un periodonto en estado de salud se encuentra aproximadamente 2 milímetros debajo de la unión amelocementaria. (13)

Actualmente el World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions propuso la adopción del concepto fenotipo periodontal para explicar los conceptos de fenotipo gingival y grosor de la tabla ósea vestibular.(14)

La prueba de McNemar consiste en introducir una sonda periodontal en el surco gingival y si esta sonda no es visible se determina que es un fenotipo grueso (> 1 mm) si esta es visible se determina un fenotipo delgado (≤ 1 mm).(14, 15)

2.3.1 Fenotipo grueso

El fenotipo gingival se considera grueso cuando la encía tiene un aspecto denso y fibrótico, las coronas clínicas son cuadradas, las papilas interdentes están cortas, el área de contacto interdental es alargada.(14, 15)

Un fenotipo gingival grueso tiene el riesgo de desarrollar una bolsa periodontal ante distintos factores como: trauma oclusal, restauraciones sobrecontorneadas, mala higiene. (14, 15)

2.3.2 Fenotipo fino

El fenotipo gingival fino o delgado se caracteriza por tener una encía delgada, fiable y casi translúcida, las coronas clínicas son triangulares u ovaladas, las papilas interdentes y el punto de contacto interdental están muy ubicados hacia incisal.(14, 15)

Un fenotipo gingival delgado tiene el riesgo de sufrir una recesión gingival ante distintos factores como: cepillado traumático, trauma oclusal, restauraciones sobrecontorneadas, un procedimiento quirúrgico periodontal.(14, 15)



Figura 5. Prueba de McNemar mediante sonda periodontal, mediante un calibrador se mide el grosor gingival. Recurso tomado de (14)

2.4 Espacio protésico

El espacio de restauración ideal para la colocación de una prótesis sobre implantes en un volumen tridimensional, tomando en cuenta las propiedades del material que se utilizara para rehabilitar se le denomina espacio protésico.(16)

Anteriormente Misch lo denominó como “espacio para la altura de la corona”, sin embargo, tomando en cuenta las distintas opciones rehabilitadoras que podemos emplear para solucionar un caso el término adecuado es espacio protésico. (16, 17)

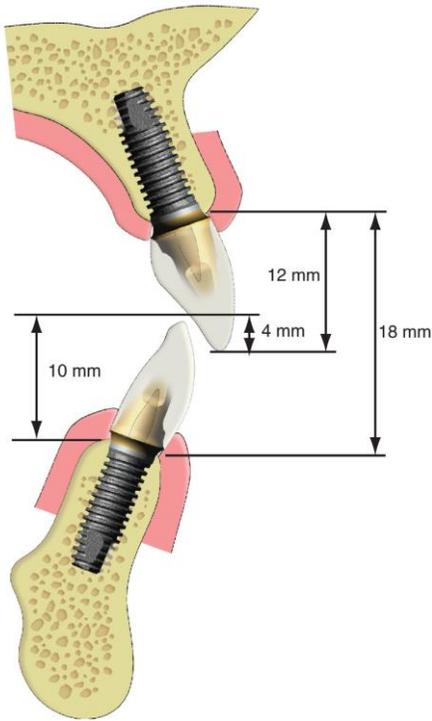


Figura 6. Representación del espacio protésico en la zona anterior .Recurso tomado de (18)

Este espacio debe determinarse previo a la colocación de los implantes, el omitir esta acción puede comprometer el éxito de nuestras opciones rehabilitadoras.(16, 17)

La fabricación de una prótesis con un volumen restaurador inadecuado puede resultar en una disminución de la solidez estructural que comprometa su resistencia, la presencia de contornos fisiológicos deficientes. Este escenario conlleva una disminución en su estabilidad, afectando el descanso interoclusal y disminuyendo la calidad estética de la prótesis.(16)

El espacio protésico se mide desde la cresta ósea hasta el plano oclusal en el sector posterior, mientras que en el sector anterior se mide desde la cresta ósea hasta el borde incisal.(16)

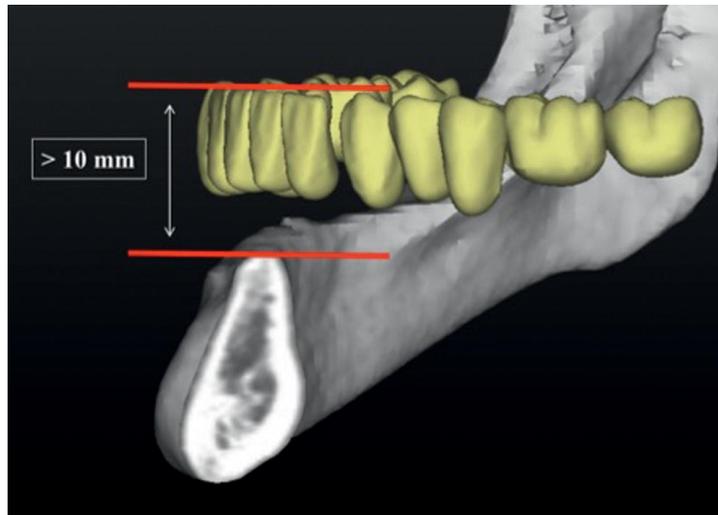


Figura 7. Representación de cómo medir el espacio protésico. Recurso tomado de (18)

El espacio protésico mínimo requerido para las prótesis sobre implantes es el siguiente(16):

- Prótesis fija atornillado a nivel del implante: 4 a 5 milímetros. (19)
- Prótesis fija atornillado a nivel del aditamento: 7,5 mm. (20)
- Prótesis fija cemento atornillada: 7-8 mm. (21, 22)
- Sobredentadura sin ferulizar: 7 mm (23), 8.5 mm (24), 10-12 mm (25), 15-17 mm (21).
- Sobredentadura con barra: 11 mm (26), 13-14 mm (25).
- Prótesis fija híbrida atornillado: ≥ 15 mm. (21)

Estas dimensiones representan el espacio mínimo necesario para la rehabilitación de prótesis sobre implantes, aunque no establecen el tamaño definitivo de dicha rehabilitación en casos donde exista espacio adicional disponible. La responsabilidad recae en el odontólogo especializado para llevar a cabo una planificación apropiada al evaluar y determinar el espacio protésico disponible. (16)

Con respecto al espacio horizontal, se necesitan cálculos para tener en cuenta la discrepancia entre la posición de un implante y la de un diente.(16, 17)

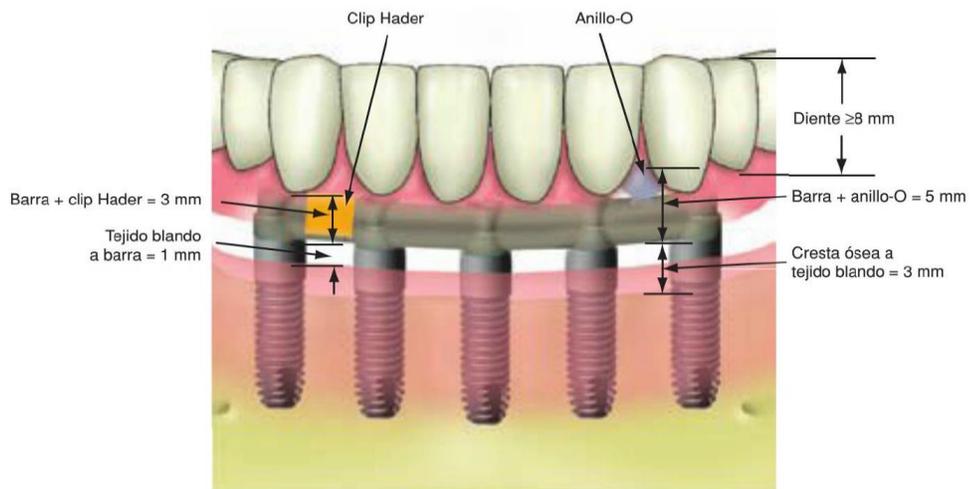


Figura 8. Ilustra el espacio necesario para la rehabilitación mediante una sobredentadura removible. Recurso tomado de (17)

2.5 Reborde alveolar residual

La apófisis alveolar está representada por el hueso periférico que soporta los dientes en el maxilar y la mandíbula. Se extiende desde el hueso basal y su desarrollo ocurre simultáneamente con el crecimiento y la erupción de los dientes.(1)

La pérdida de los dientes y los cambios funcionales en el alveolo y su entorno conducen a una serie de adaptaciones que conllevan a la remodelación de la apófisis alveolar, lo que resulta en una reducción notable tanto en la dimensión horizontal como en la vertical.(1)

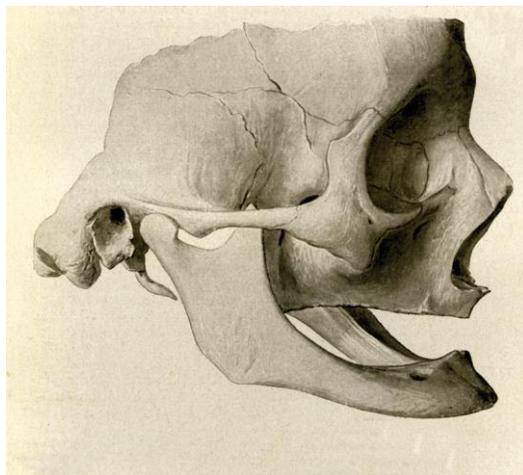


Figura 9. Rebordes residuales. Recurso tomado de (18)

Investigaciones experimentales en caninos, llevadas a cabo por Lindhe, Araujo & cols. (27), han demostrado una significativa alteración dimensional en la cresta alveolar en los primeros dos o tres meses, siendo más notables en la parte externa de la cortical alveolar vestibular. Por esta razón, el centro de la cresta alveolar se desplaza hacia la parte interior, en dirección lingual o palatina.

Se ha establecido que la reabsorción de la cortical alveolar en sentido horizontal puede llegar a ser de hasta un 56%, mientras que la cortical lingual puede reabsorberse en un 30%.(28, 29)

En términos generales, se ha demostrado que la reabsorción horizontal de la cresta puede alcanzar un 50%.(28, 29)

En situaciones extremas, tras la pérdida de dientes, es posible que toda la apófisis alveolar se pierda por completo, dejando únicamente el hueso basal del maxilar y la mandíbula.(28, 29)

2.6 Clasificación de los defectos del reborde alveolar

Se han desarrollado diversas clasificaciones que se ajustan de acuerdo con la cantidad de paredes óseas perdidas, la orientación de la pérdida de volumen óseo (vertical u horizontal) y la estabilidad dimensional de los tejidos blandos. Entre las clasificaciones más significativas, destacan las siguientes.(30)

2.6.1 Clasificación de Seibert

En 1983 Seibert clasificó los defectos de reborde en: Clase I se caracteriza por la disminución del contorno tisular en la dirección bucolingual. En el caso de una Clase II, se observa la pérdida apicocoronal del contorno tisular. En contraste, una Clase III representa una combinación de insuficiencias tanto en el ancho como en la altura del tejido. Es importante destacar que las clasificaciones de Seibert se limitan exclusivamente a evaluar las deficiencias en el contorno de la cresta dentro de una sola arcada dental.(28, 30-32)

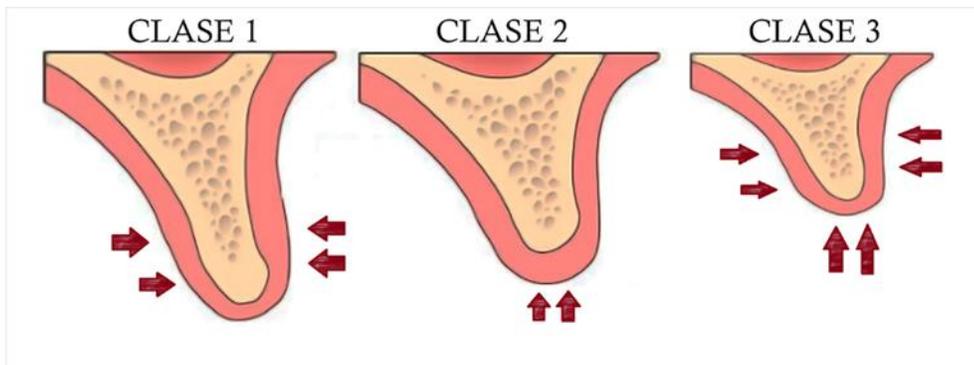


Figura 10. Clasificación de Seibert 1983 quien clasifica el tipo de defecto óseo según la dirección de la reabsorción en Clase I Horizontal, Clase II Vertical, Clase III Combinada. Recurso tomado de (30).

2.6.2 Clasificación de Allen

El sistema de clasificación de Allen-1985 se divide en tres categorías:

- Tipo A: Indica la pérdida de tejido en dirección apico-coronal.
- Tipo B: Se refiere a la pérdida de tejido en la dirección buco-lingual.
- Tipo C: Representa una combinación de las pérdidas de tipo A y B.

Además, se establecen niveles de gravedad de las pérdidas de tejido: Leve, cuando es inferior a 3 mm; Moderado, cuando oscila entre 3 y 6 mm; y Severo, cuando supera los 6 mm.(30, 32, 33)

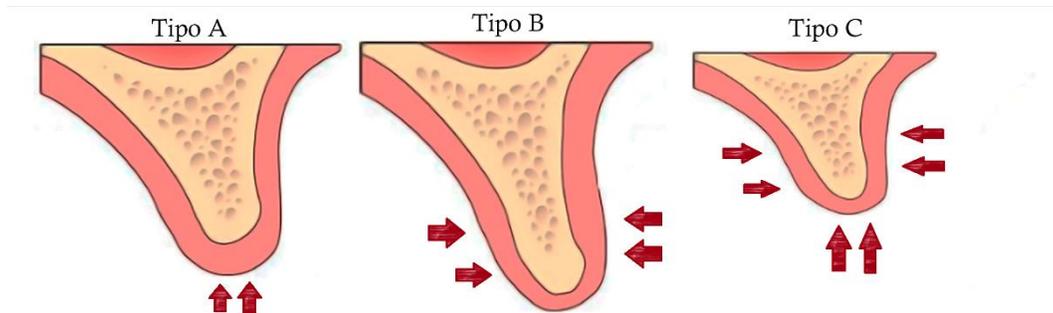


Figura 11. Clasificación de Allen 1985 quien clasifica el tipo de defecto óseo según la dirección de la reabsorción ósea en tipo A, tipo B, Tipo C. Recurso modificado de (30).

2.6.3 Clasificación de Wang

En un esfuerzo por integrar los problemas relacionados con los tejidos duros y blandos, Wang y Al-Shammari en 2002 propusieron enfoques de tratamiento específicos que se basan en la clasificación y en la gravedad de la deficiencia de la cresta. Esta clasificación emplea las mismas categorías que Seibert, utilizando los términos "horizontal" (H), "vertical" (V) y "combinado" (C) para describir los defectos de clase I, II y III. Además, subdividen cada categoría en tres tamaños. (32, 34)

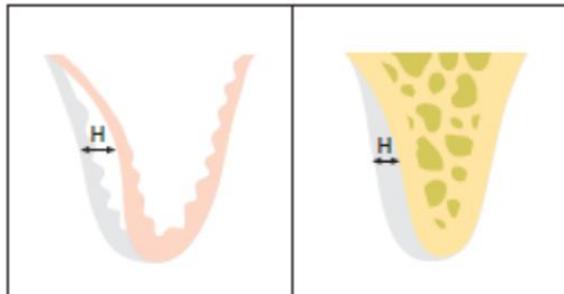


Figura 12. Clase I: Horizontal Pequeños (≤ 3 mm), medianos (4-6 mm) y grandes (≥ 7 mm). Recurso tomado de (30, 34)

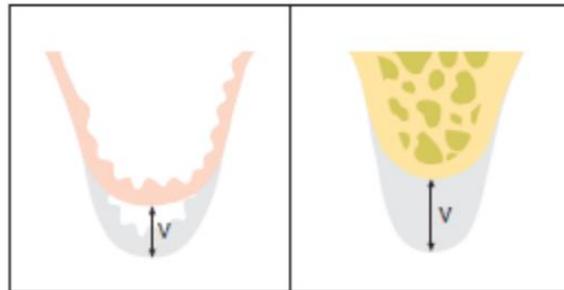


Figura 13. Clase II: Vertical Pequeños (≤ 3 mm), medianos (4-6 mm) y grandes (≥ 7 mm). Recurso tomado de (30, 34)

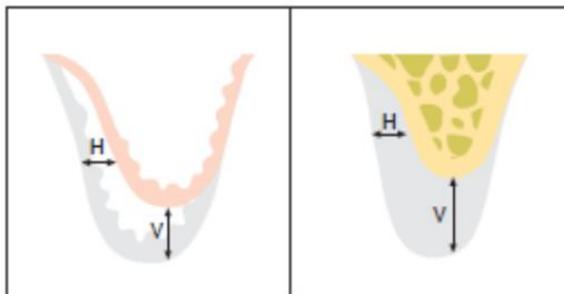


Figura 14. Clase III: Combinado Pequeños (≤ 3 mm), medianos (4-6 mm) y grandes (≥ 7 mm). Recurso tomado de (30, 34)

2.6.4 Clasificación de Lekholm y Zarb

Lekholm y Zarb (1985) elaboraron una clasificación para evaluar el grado de reabsorción en maxilares desdentados.(35, 36)

Esta clasificación se compone de las siguientes categorías:

- Tipo A: Se refiere a una situación en la que el reborde alveolar conserva su anatomía después de la extracción de los dientes.(30, 35)
- Tipo B: Indica una reabsorción moderada del reborde alveolar.(30, 35)
- Tipo C: Caracteriza una reabsorción avanzada del reborde alveolar, aunque no ha afectado aún la base del maxilar.(30, 35)
- Tipo D: Se aplica cuando la reabsorción afecta la base del maxilar.(30, 35)
- Tipo E: Representa una reabsorción extrema de la base del maxilar. (30, 32, 35, 36)

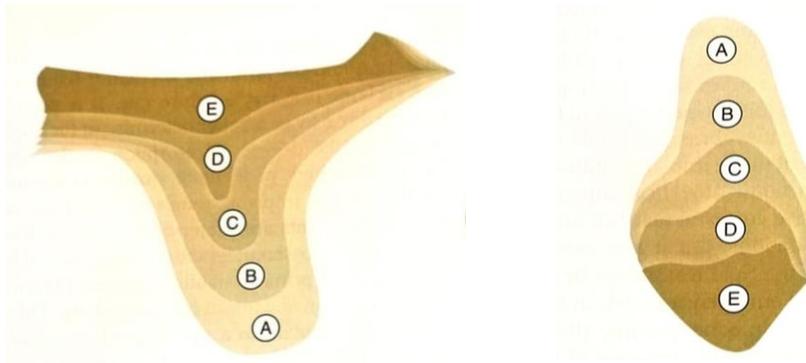


Figura 15. Clasificación Lekholm y Zarb que evalúa el grado de reabsorción en los maxilares desdentados en 5 categorías. Recurso tomado de (37)

Por otra parte, es importante destacar que la calidad del tejido óseo varía invariablemente en distintas áreas de los maxilares, lo que ejerce un impacto significativo en la estabilidad inicial durante la inserción de implantes dentales.(30, 35)

En 1985, Lekholm y Zarb presentaron una clasificación ósea que sigue siendo ampliamente reconocida en la actualidad. Esta clasificación se basa en la evaluación tisular a través de radiografías convencionales y distingue cuatro tipos principales (30, 35, 36):

- Tipo I: Caracterizado por un hueso cortical homogéneo, siendo típico en la región anterior de la mandíbula.
- Tipo II: Presenta una capa cortical gruesa combinada con hueso esponjoso compacto.
- Tipo III: Se caracteriza por una capa cortical delgada junto con hueso esponjoso compacto.
- Tipo IV: La cortical es muy delgada y se asocia con un hueso esponjoso de baja densidad, siendo más comúnmente encontrado en la parte posterior superior del maxilar. (30, 35, 36)

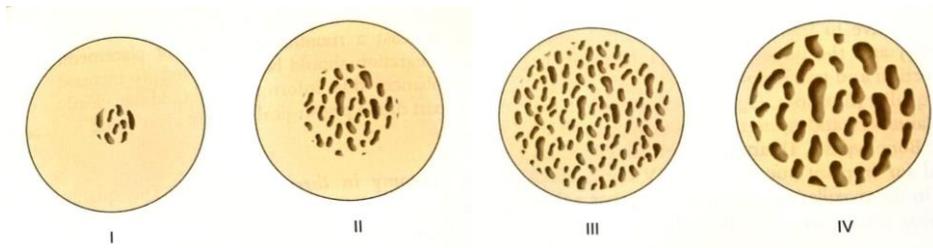


Figura 16. Clasificación de Lekholm y Zarb se basa en la evaluación histológica a través de radiografías convencionales y distingue cuatro tipos principales. Recurso tomado de (37)

2.6.5 Clasificación de Misch y Judy

Misch y Judy en 1987 definieron cuatro principales categorías de tejido óseo disponibles para aplicaciones implantológicas en pacientes totalmente desdentados. Estas categorías fueron diseñadas considerando los patrones naturales de reabsorción ósea en cada región, y para cada una de ellas, propusieron un enfoque específico en el ámbito de la implantología, además se tomaron en cuenta factores como la arquitectura ósea y la altura de las coronas en relación con el volumen óseo, ya que estos parámetros ejercen influencia en los procedimientos protésicos. Asimismo, para brindar una visión más organizada de las opciones de tratamiento en cirugía, injertos óseos y odontología protésica, ampliaron estas cuatro categorías originales de hueso mediante la introducción de dos subcategorías adicionales (B-w, C-h). (14, 18, 32, 36)

- A) Cantidad abundante: Se caracteriza por ser mayor a 5 mm de ancho, 10-13 mm de alto y 7 mm de largo, por lo que no requiere procedimientos adicionales.(17)
- B) Cantidad suficiente: Presenta medidas de 2,5-5 mm de ancho, mayor a 10-13 mm de alto y mayor a 12 mm de largo. Puede ser adecuadamente ajustado mediante osteoplastia o incremento de tejido duro o blando, dependiendo de la naturaleza del defecto.
- C-w) Cantidad comprometida: Requiere osteoplastia y alguna forma de incremento de tejido duro o blando, dependiendo de la magnitud del defecto en términos de altura (<10 mm) o ancho (<2,5 mm).
- D) Cantidad deficiente: Requiere un aumento significativo de tejido duro, generalmente de fuentes extraorales y en general, no es un candidato adecuado para la colocación de implantes dentales.(13, 32, 38)

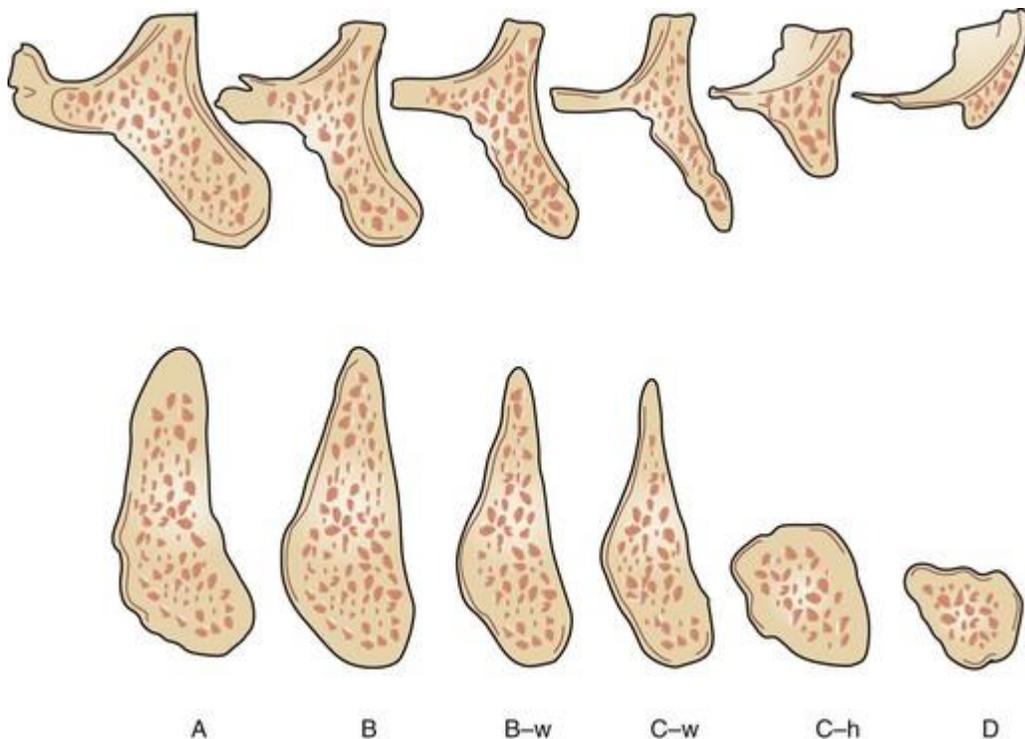


Figura 17. Clasificación de Misch y Judy 1987 definieron cuatro principales categorías y dos subcategorías de tejido óseo disponibles para aplicaciones impantológicas en pacientes totalmente desdentados (39)

2.6.6 Clasificación de Norton y Gamble

En el año 2001, Norton y Gamble llevaron a cabo un análisis de la densidad ósea mediante el uso de escáneres de tomografía computarizada empleando el software Siplant™. Esta investigación se realizó en un grupo de 32 pacientes, algunos de los cuales estaban parcial o totalmente desdentados, evaluando un total de 139 posibles ubicaciones para implantes dentales.(40)

Los resultados del estudio revelaron una correlación significativa entre los valores en unidades Hounsfield (UH) y los valores de densidad subjetiva según la clasificación de Lekholm y Zarb en huesos de tipo I y II. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa en los tipos III y IV, y se observó una amplia variabilidad en los valores de Hounsfield para cada categoría ósea. Además, se identificó una sólida relación entre la densidad ósea medida en UH y las diferentes regiones anatómicas de la cavidad bucal.(40)

Calidad (Lekholm y Zarb)	UH (Norton y Gamble)	Región de interés
Tipo 1	>+850 UH	Mandíbula anterior
Tipo 2/3	+500 y 850 UH	Mandíbula posterior/Maxilar anterior
Tipo 4	0 – 500 UH	Maxilar posterior
Tipo 4*	<0 UH	Tuberosidad

Tabla 1. Clasificación propuesta por Norton y Gamble según rangos cuantitativos en la escala de hounsfield a ser aplicados a la calidad subjetiva según Lekholm y Zarb.(40)

3. CAPÍTULO III CONSIDERACIONES CLÍNICAS

La posición y número de los implantes dentales utilizados dependerá directamente de condiciones anatómicas como el volumen y la altura ósea, así como también el tipo de prótesis que será utilizada.(18, 36)

3.1 Análisis de hueso disponible

El hueso disponible representa las dimensiones óseas presentes en el reborde edéntulo donde se planea colocar implantes dentales.

Se realiza un análisis en las dimensiones: ancho, altura, longitud, angulación y el ya explicado “Espacio de Altura de las Coronas” (EAC).

Es importante considerar un margen de seguridad de 2mm entre el implante y las estructuras de riesgo con el fin de evitar daños importantes o alteraciones neurosensoriales.(18, 36)

3.1.1 Altura ósea disponible

Para determinar esta dimensión anatómica se requiere llevar a cabo mediciones precisas utilizando tomografía conebeam para calcular la distancia desde la cresta ósea hasta un punto opuesto que asegure un margen quirúrgico adecuado, teniendo en consideración las estructuras anatómicas de riesgo. En el caso del maxilar, estas estructuras de riesgo se identifican como el piso del seno maxilar en el sector superior posterior, en el sector superior anterior el piso de fosas nasales y, en la mandíbula el nervio alveolar inferior, el foramen mentoniano y el borde inferior de la mandíbula. La altura ósea disponible en la zona del premolar superior es mayor a la del segundo premolar debido a la concavidad del seno. Es importante destacar que las áreas con mayor espesor óseo suelen encontrarse en el sector anterior de ambas arcadas. En la arcada mandibular, este fenómeno se atribuye a la ubicación de la salida del nervio alveolar a través del agujero mentoniano y al tipo de reabsorción ósea que se manifiesta tras la pérdida de piezas dentales. En el maxilar, la región anterior suele presentar un espesor óseo adecuado debido a su distancia con respecto al suelo de las fosas nasales y a la presencia de la región canina superior, la cual ofrece una cantidad significativa de hueso.(18, 36)

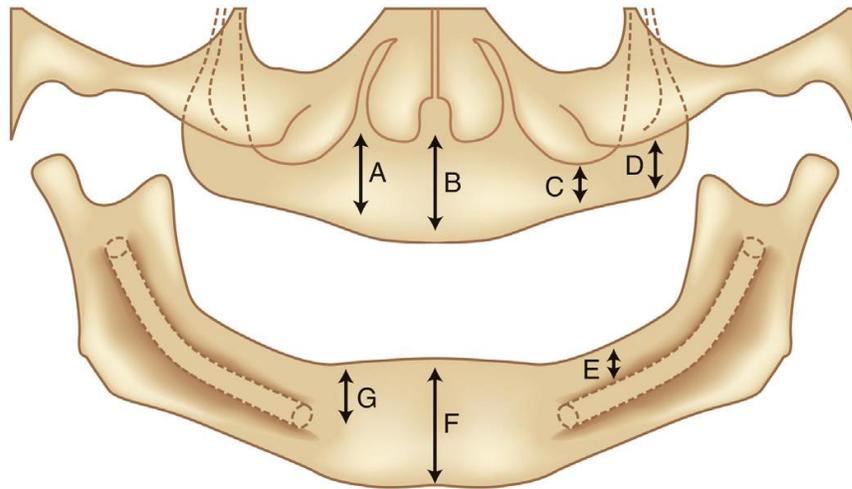


Figura 18. Donde podemos comparar las dimensiones de altura ósea disponibles según la zona edéntula. Región canina superior (A), altura del suelo de las fosas nasales a la cresta ósea (B), distancia de la cresta al seno maxilar (C), tuberosidad del maxilar (D) altura ósea en el sector inferior posterior (E), sector anteroinferior (F), región canina inferior (G). Recurso obtenido de (18)

3.1.2 Ancho óseo disponible

Esta medida es dependiente de la distancia entre las corticales vestibular y lingual a nivel de la cresta donde se planea sumergir la plataforma del implante. Es crucial tener en cuenta un margen de seguridad mínimo, que consiste en 2 mm de remanente óseo en la cortical vestibular y 1 mm en la cortical lingual. Este protocolo se establece con el propósito de garantizar un espesor óseo adecuado y aporte vascular óptimo alrededor del implante, factores indispensables para asegurar la previsibilidad del tratamiento. Este enfoque determinará la posible necesidad de llevar a cabo una regularización ósea planificada mediante herramientas digitales. El resultado de esta planificación dará lugar a la creación de una guía precisa que delimitará la dimensión requerida, consiguiendo así un tratamiento implantológico predecible.

Los rebordes residuales con más de 6 mm sufren un proceso de reabsorción menor a los procesos con dimensiones óseas mínimas, favoreciendo la preservación a largo plazo de los tejidos periimplantares.(18)

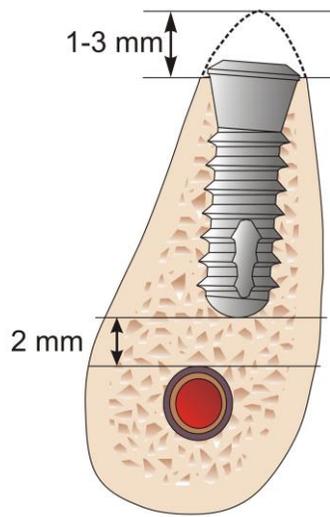


Figura 19. Reducción de la cresta alveolar delgada con el fin de crear un lecho receptor con las medidas idóneas para la colocación planificada del implante. Recurso obtenido de (36)

3.1.3 Espacio mesiodistal óseo disponible

Cuando existen dientes contiguos en un espacio edéntulo, estos definen los límites del espacio mesiodistal disponible. Se establece un requisito mínimo de 1.5 mm entre un diente y un implante, mientras que entre dos implantes se requiere un espacio mínimo de 3 mm. Esta dimensión ósea proporciona el soporte estructural esencial al implante y asegura el suministro vascular necesario para su éxito, al mismo tiempo que funciona como un margen de seguridad durante la intervención quirúrgica. Un ejemplo práctico de estas dimensiones sería la colocación de un implante con un diámetro de 4 mm en un área donde existen dientes naturales contiguos; en este caso, se requeriría un espacio mesiodistal mínimo de 7 mm para garantizar un margen de 1.5 mm de hueso periférico alrededor del implante.(18, 41)

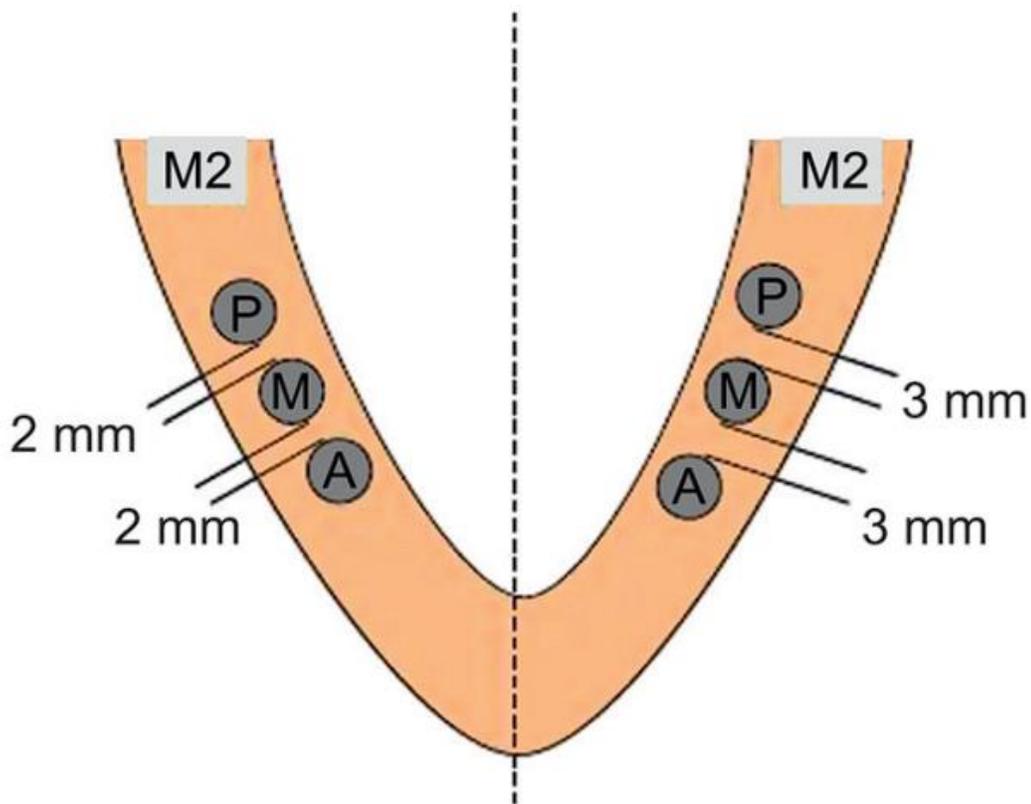


Figura 20. Influencia de la distancia entre implantes en relación con la pérdida ósea. Recurso tomado de (41)

3.2 Regularización de proceso

La altura y el ancho de un reborde anterior edéntulo en el maxilar superior pueden experimentar variaciones significativas, llegando a alcanzar un 70% de cambio, especialmente en situaciones que involucran extracciones múltiples.(42)

No obstante, después de la pérdida ósea inicial, el maxilar superior continúa su reabsorción hacia la línea media, mientras que el hueso basal de la mandíbula se mantiene más ancho que la ubicación original del hueso alveolar, lo que provoca una progresión en la reabsorción mandibular tardía en dirección vestibular.(42)



Fotografía 21. Representa el proceso de reabsorción natural tras la pérdida dentaria en el proceso alveolar mandibular. Recurso tomado de (18)

Esta transformación, junto con un marcado cambio en la posición mandibular, contribuye a la aparición clásica de un mentón y un labio inferior prominentes en individuos que utilizan prótesis dentales. La región posterior del maxilar superior sufre una pérdida de volumen óseo más rápida que cualquier otra área. Por otro lado, tras la pérdida de los dientes, el seno maxilar se expande hacia la cresta del reborde desdentado, lo que hace que la zona posterior del maxilar superior necesite con mayor frecuencia procedimientos de aumento óseo en comparación con otras áreas intraorales.(42)

El hueso alveolar presenta un proceso de remodelación ósea de manera natural indispensable para mantenerse sano. La principal causa de pérdida ósea es causada por la pérdida dental debida a razones como caries, enfermedad periodontal, traumatismos, patologías y extracciones. El estado de edentulismo conduce a una disminución gradual del tejido óseo, lo que provoca cambios en la estructura facial y envejecimiento, dificulta la colocación de implantes dentales y la rehabilitación del paciente. Previo a realizar una cirugía preprotésica es necesario determinar el hueso disponible.(18, 42)

Objetivos de la cirugía preprotésica(42):

1. El tejido óseo debe contar con dimensiones apropiadas en el ancho y altura para proporcionar el soporte necesario a la base de una prótesis.

2. La mucosa bucal debe presentar un espesor uniforme adecuado.
3. Se requiere la eliminación de cualquier depresión, rebordes cortantes o prominencias, ya sea en el tejido óseo o en los tejidos blandos.
4. La profundidad de los espacios vestibulares, tanto en la zona bucal como en la lingual/palatina, debe ser la adecuada.(42)

3.3 Tipos de rehabilitaciones

En el año 1989, Misch presentó cinco alternativas protésicas destinadas a su aplicación en la rama de la odontología implantológica. Las tres primeras alternativas se denominaron PF1, PF2 y PF3. Estas opciones de rehabilitación fija ofrecen la posibilidad de restablecer la totalidad o una parte de la dentición, pueden ser cementadas o atornilladas. La elección entre estas alternativas se basa en la cantidad de tejido duro y blando que se necesite restaurar, así como en la apariencia estética que se busca en la prótesis.(17, 18, 43)

Por otro lado, los dos tipos restantes de restauraciones definitivas para implantes de carácter removible se conocen como PR-4 y PR-5, y su elección se basa en la cantidad de soporte proporcionado por los implantes y la mucosa, en lugar de considerar principalmente el aspecto estético de la prótesis.(17, 43)

Tipo	Definición
PF-1	Prótesis fija; repone únicamente la corona clínica; tiene el aspecto de un diente natural
PF-2	Prótesis fija; repone la corona y una parte de la raíz; la mitad oclusal del contorno de la corona parece normal, pero la mitad gingival es alargada o presenta un contorno excesivo
PF-3	Prótesis fija; repone las coronas ausentes y reproduce el color gingival y parte del espacio edéntulo; generalmente se utilizan dientes protésicos y encías acrílicas, pero puede ser de porcelana sobre metal o de circonita
PR-4	Prótesis removible; sobredentadura totalmente implantosoportada, sin soporte mucoso
PR-5	Prótesis removible; sobredentadura mucosoportada (soporte primario) e implantosoportada (soporte secundario). En la prótesis se mantienen las zonas que soportan las tensiones primarias (maxilar superior: reborde residual y paladar horizontal; maxilar inferior: saliente vestibular)

Tabla 2. Descripción de los tipos de prótesis según Misch. Obtenida de (18, 44)

3.3.1 Prótesis fija

PF-1

La restauración PF-1 es una prótesis fija diseñada para reemplazar dientes perdidos con una mínima pérdida de tejidos duros y blandos. Para lograr esto, es esencial que el hueso residual mantenga su volumen y posición, lo que permite una inserción ideal del implante similar a una raíz natural. Se recomienda su uso, especialmente en la región anterior del maxilar considerada el área estética, y en pacientes con una línea de sonrisa alta. La ubicación del implante rara vez coincide exactamente con la posición original de la corona y la raíz del diente perdido. Después de la pérdida de un diente, el hueso vestibular sufre una remodelación, lo que puede afectar la colocación del implante y requerir modificaciones a nivel del reborde alveolar residual para permitir la colocación de implantes dentales. Cuando se pierden varios dientes adyacentes, el ancho o la altura del hueso crestal a menudo disminuyen, lo que puede requerir un aumento óseo antes de la inserción de los implantes para lograr un aspecto más natural en la región cervical de las coronas. (17, 18, 43)



Fotografía 22. Se puede observar la adecuada conformación de los tejidos blandos. Recurso tomado de (45)



Fotografía 23. Se observa una prótesis definitiva PF-1 en la arcada superior con una buena conformación de papilas interdentes brindando una estética favorable. Recurso tomado de (45)

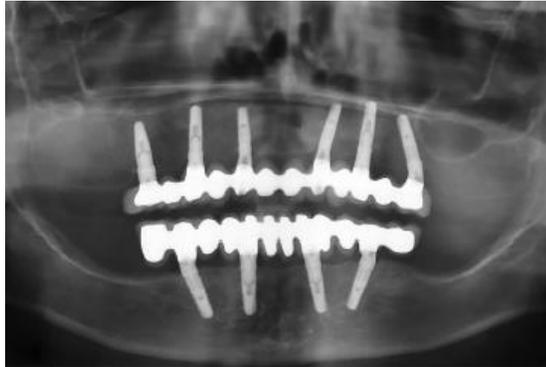
PF-2

Una prótesis PF-2 tiene la función de restaurar la porción anatómica de la corona dental junto con una porción de la raíz del diente natural. En esta situación, el hueso disponible muestra un volumen y topografía más apicales que la ubicación ideal del hueso en relación con la unión cemento-esmalte de la raíz natural, que generalmente debería situarse 1-2 mm por debajo de dicha unión. Esto conlleva la necesidad de colocar los implantes en una posición más apical en comparación con una prótesis PF-1. Como resultado, aunque la parte incisal del diente está en su posición correcta, el tercio gingival de la corona se extiende en exceso o presenta un contorno excesivo, normalmente hacia la dirección apical y lingual con respecto a la ubicación original del diente. Estas restauraciones pueden dar la impresión de dientes que han experimentado pérdida ósea periodontal y recesión gingival. (17, 18, 43)

Es importante destacar que tanto el paciente como el odontólogo deben ser plenamente conscientes, desde el principio del proceso, de que los dientes protésicos finales parecerán más largos que los dientes naturales sanos (sin pérdida ósea). La evaluación estética se realiza observando la sonrisa en la arcada superior y al pronunciar sonidos sibilantes en la arcada inferior. En el caso de que, al sonreír o hablar, la línea de la sonrisa no revele las áreas cervicales, generalmente no causa problemas estéticos. (17, 18, 43)

A medida que el paciente envejece, la zona estética superior cambia. Solo alrededor del 10% de los pacientes jóvenes no muestran los tejidos blandos al sonreír, mientras que en pacientes de 60 años, esta cifra aumenta al 30-60%, y en pacientes de 80 años, llega al 50%. La posición labial inferior al hablar no se ve tan afectada como la línea de sonrisa alta. En el caso de una restauración PF-2 de varias unidades, no es necesario que las posiciones de los implantes sean tan específicas en términos mesiales o distales, ya que el contorno cervical no se expone durante la actividad funcional. La elección de la posición del implante debe basarse en consideraciones

como el ancho óseo ideal, la angulación o las necesidades de higiene, en comparación con una prótesis PF-1, además de cumplir con las necesidades estéticas, fonéticas y funcionales. (17, 18, 43)



Fotografía de radiografía panorámica 24. Se observa la adecuada distribución de los implantes en base al hueso disponible. Recurso tomado de (45)



Figura 25. Se observa una prótesis definitiva PF-2 en la arcada inferior. Recurso tomado de (45)

PF-3

La restauración fija PF-3 tiene como finalidad reemplazar las coronas de los dientes naturales, incorporando elementos de tono rosado para restaurar parcialmente los tejidos blandos perdidos. De manera similar a las prótesis PF-2, al momento de colocar los implantes, es común que la altura original de hueso disponible haya disminuido debido a la reabsorción natural. (17, 18, 43)

Con el propósito de lograr la ubicación óptima del borde incisal de los dientes en términos de estética, función, soporte labial y la fonación, en ocasiones se requiere el

uso de dientes con una longitud que podría considerarse no natural para corregir una dimensión vertical excesiva. No obstante, a diferencia de las prótesis PF-2, el paciente puede presentar una línea labial superior normal o alta al sonreír, o una línea labial inferior baja al hablar. La sonrisa ideal implica que la papila interdental de los dientes anteriores de la arcada superior sea visible, pero sin mostrar los tejidos blandos por encima de las regiones cervicales. Alrededor del 7% de los hombres y el 14% de las mujeres pueden tener una sonrisa alta que muestre más de 2 mm de encía por encima del margen gingival libre de los dientes. (17, 18, 43)



Fotografía 26. Representa la influencia de una sonrisa media con una prótesis PF-3 provisional. Recurso tomado de (46)

Los pacientes pueden tener demandas estéticas más exigentes, incluso si los dientes quedan fuera de las zonas estéticas cuando sonríen o hablan. Los pacientes suelen observar que los dientes más largos pueden parecer antinaturales, especialmente cuando deben forzar posiciones inusuales de labios para ver las áreas cubiertas por los dientes. La restauración de color rosa en la PF-3 contribuye a que los dientes tengan una forma y tamaño que parezcan más naturales, y los materiales de color rosa reproducen las papilas interdetales y la región de emergencia cervical. (17, 18, 43)



Fotografía 27. Representa una prótesis Pf-3 se puede observar material que mimetiza la ausencia de tejidos blandos brindando una estética aceptable. Recurso tomado de (46)

Mencionaré tres opciones para una prótesis PF-3: 1) una restauración híbrida que combina dientes acrílicos con una subestructura metálica; 2) una restauración metalocerámica; o 3) una prótesis de zirconia monolítica. La selección del material protésico se basa en factores estéticos y de durabilidad. (17, 18, 43)

La prótesis metal-acrílico se presenta como una alternativa a las restauraciones metalocerámica tradicionales, utilizando una estructura metálica más pequeña junto con dientes acrílicos. Esta prótesis es más económica de fabricar y destaca por su estética, gracias a los dientes acrílicos prefabricados y el uso de acrílico rosa para los tejidos blandos. Además, el acrílico entre los dientes y la estructura puede reducir la fuerza de impacto generada por las cargas oclusales dinámicas. Este tipo de prótesis es más sencilla de reparar que las de porcelana, ya que los dientes acrílicos pueden reemplazarse. No obstante, el acrílico es más propenso a la fatiga que una prótesis metalocerámica, lo que puede requerir reparaciones más frecuentes. (17, 18, 43)

La zirconia monolítica ha surgido como una solución que aborda las complicaciones asociadas a las prótesis metalocerámicas. La zirconia monolítica destaca por su resistencia a la flexión y compresión, que se acerca a los 1.465 MPa. Debido a su naturaleza monolítica, requiere un espacio interoclusal mínimo (aproximadamente 8 mm). Los resultados después de 5 años han sido excelentes, con pocas

complicaciones. Los antagonistas naturales experimentan un desgaste mínimo, lo que beneficia tanto a la porcelana como al esmalte de los dientes naturales. Además, se ha observado menos enfermedad periimplantar, ya que se acumula menos biopelícula que las demás opciones. (17, 18, 43)

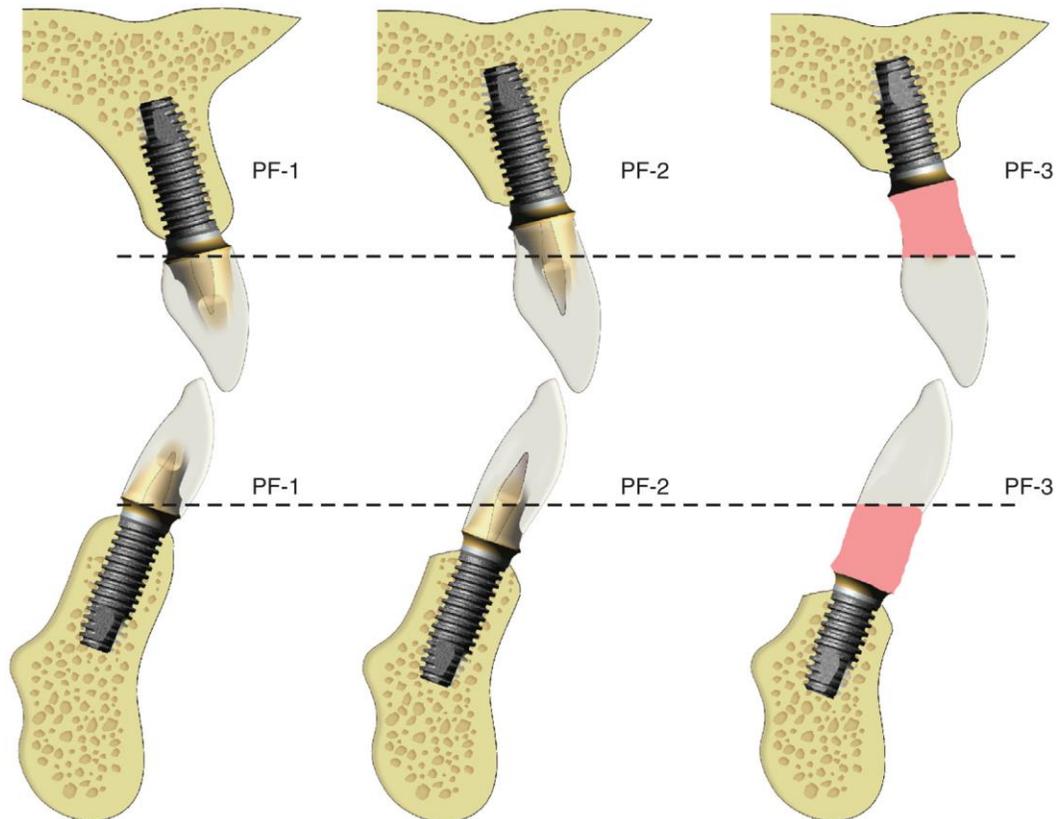


Figura 28. Representación gráfica de los tejidos sustituidos por cada una de las clasificaciones de prótesis fija sobre implantes dentales (PF). Recurso tomado de (17, 18, 43)

3.3.2 Prótesis removibles

Dependiendo del soporte utilizado en el proceso de restauración, se pueden distinguir dos categorías de prótesis removibles, denominadas PR-4 y PR-5. Los pacientes tienen la capacidad de retirar la prótesis en sí, pero no así la subestructura implantosoportada que se encuentra unida a los pilares. La diferencia principal entre

ambas variantes de prótesis removibles radica en el tipo de soporte que utilizan, ya sea implantes dentales o tejidos blandos.(17, 18, 43)

PR-4

Una prótesis removible del tipo PR-4 es una prótesis implantosoportada que no depende de los tejidos blandos como soporte. Esta prótesis se caracteriza por ser rígida e implantoretendida, está compuesta por una subestructura metálica, tal como barras de tipo Dolder o Hader. Ensambladas mediante aditamentos de retención (como clips tipo Hader, Locator[®], Novaloc[®], Ecuator) a la sobredentadura de acrílico o algún otro material como poliéter éter cetona (PEEK), proporcionando estabilidad y funcionalidad a la prótesis. (17, 18, 43)



Fotografía 29. Barra de titanio con 2 aditamentos (Equator, Rehin 8, Bolonia, Italy). Recurso tomado de (47)

Fotografía 30. Sobredentadura tipo PR-4 estructura de PEEK con coronas de zirconia monolítica (Prettau 2 Dispersive, Zirkozahn). Recurso tomado de (47)

Los criterios para la ubicación de los implantes en una prótesis PR-4 difieren a los implementados en una prótesis fija (PF). Se debe tomar en cuenta el espacio interoclusal mínimo necesario para respetar los grosores adecuados de cada componente de la prótesis. (17, 18, 43)

En ocasiones, la ubicación de los anclajes en la estructura superior o la prótesis puede influir en la separación entre los implantes. Por ejemplo, para una barra Hader, los implantes deben mantener una distancia de más de 6 mm de un extremo al otro, lo

que limita la cantidad de implantes que se pueden colocar en la zona interforaminal. Estos aditamentos de la sobredentadura facilitan la higiene oral. (17, 18, 43)

PR-5

Una prótesis removible tipo PR-5 se caracteriza por ser mucosoportada implantoreténida. (17, 18, 43)

La principal ventaja de una restauración PR-5 radica en su costo reducido, es una prótesis de arcada completa cuyo soporte principal depende de los tejidos blandos, con un respaldo secundario proveniente de los implantes, puede constar de 2 a 4 implantes proporcionando la retención suficiente para ser funcional. (17, 18, 43, 48)

Los aditamentos de retención utilizados son aditamentos axiales tipo O-ring, Locator[®], Novaloc[®], Equator los cuales se conectan directamente a los implantes para brindar retención directa a la prótesis sin el uso de una barra.

Es probable que se necesiten menos implantes en una prótesis PR-5 debido a que las áreas de tejidos blandos proporcionan el mayor soporte. Una prótesis PR-4 requiere mayor cantidad de implantes que una PR-5 debido al tipo de soporte de ambas, sin embargo no requieren tantos implantes como una prótesis fija. (49)

La prótesis provisional define las necesidades del tratamiento (extensión y diseño) sirve como referencia protésica en el diagnóstico (guía radiográfica) sirve como elemento para el posicionamiento de implantes dentales (guía quirúrgica) y sirve para la provisionalización en carga inmediata, o prótesis removible provisional (acondicionada). (17, 18, 43, 48)

Es importante destacar que el odontólogo y el paciente deben tener en cuenta que el hueso se continuará reabsorbiendo en las áreas donde los tejidos blandos soportan la prótesis. Las restauraciones PR-5 requieren reajustes y modificaciones oclusales periódicas como parte de su mantenimiento habitual, dado que la reabsorción ósea puede ser significativamente más rápida. Este factor debe ser considerado, especialmente al tratar a pacientes jóvenes, a pesar de los beneficios económicos y la baja tasa de fallos asociados a este tipo de tratamiento. (17, 18, 43)



Fotografía 31. Fotografía de sobredentadura tipo PR-5 con 4 aditamentos tipo Locator®. Recurso tomado de (50)

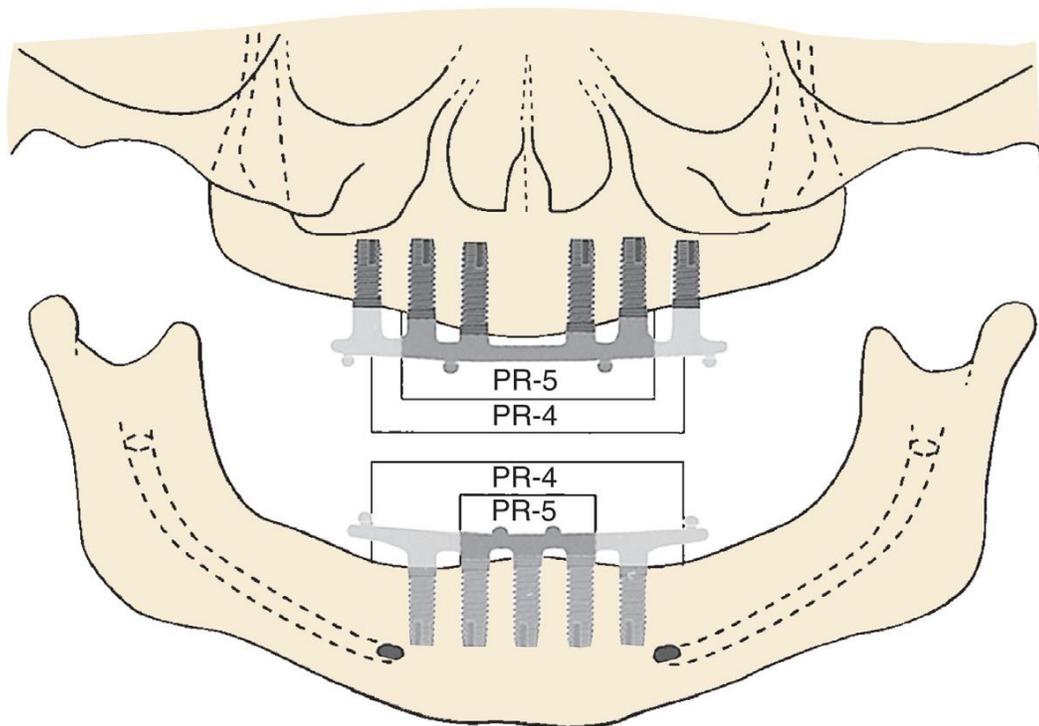


Figura 32. Según el soporte proporcionado, se distinguen dos categorías de prótesis removibles. Las prótesis PR-4 cuentan con un soporte completo de implantes tanto en la región anterior como en la posterior. En el maxilar inferior, la superestructura generalmente incorpora un voladizo que se extiende desde los implantes colocados entre los agujeros mentonianos. En el caso de las prótesis PR-4 superiores, suelen involucrar un mayor número de implantes y, por lo general, presentan un voladizo limitado o inexistente. Por otro lado, una restauración PR-5 se basa principalmente en implantes en su parte frontal y soporte en tejidos blandos en su parte posterior, tanto en el maxilar superior como en el inferior. Recurso tomado de (17, 18)

4. CAPÍTULO IV AUXILIARES DIAGNÓSTICOS

4.1 Tomografía axial computarizada (TAC)

El ingeniero británico Hounsfield en 1979 ganó el Premio Nobel al diseñar e implementar la Tomografía Axial Computarizada (TAC). Desde su introducción en 1972, este auxiliar diagnóstico se ha convertido en un recurso indispensable en el diagnóstico de patologías y planeación de procedimientos, representa un requisito fundamental en el campo implantológico. (51-53)

El término "tomografía axial computarizada", abreviado como TAC es un procedimiento computarizado de adquisición de imágenes mediante rayos X. En este proceso, un haz angosto de rayos X se dirige hacia el paciente y gira rápidamente alrededor de su cuerpo. Esto genera señales que son posteriormente procesadas por la computadora del equipo para producir imágenes transversales o "cortes" del cuerpo. Cada uno de estos cortes tomográficos se asemeja a una "rebanada" de grosor variable, conformada por un conjunto específico de elementos volumétricos. En la pantalla del monitor, se muestran imágenes bidimensionales que representan estos elementos de volumen, denominados "voxels". En otras palabras, cada píxel en la imagen es la representación visual de un volumen tridimensional. (51-53)

Una vez que la computadora del equipo ha recolectado varios de estos cortes sucesivos, se pueden "apilar" de forma digital para crear una imagen tridimensional del paciente. Esto facilita la identificación y localización de las estructuras anatómicas fundamentales, así como la detección de posibles tumores o anomalías de manera más eficiente. (51-53)

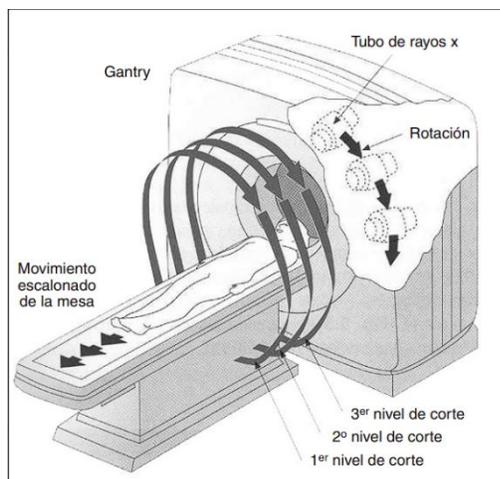


Figura 33. Se observa una ilustración de una tomografía axial computarizada. Recurso tomado de (51)

4.2 Tomografía Cone Beam (CBCT)

A fines de la década de 1990, se introdujo en la odontología la tecnología de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, conocida como conebeam computed tomography en inglés), con distintas aplicaciones en diversas especialidades, incluida la implantología. Una de las ventajas más destacadas de la CBCT es su menor exposición a radiación en comparación con la tomografía computarizada médica, aunque, al mismo tiempo, su nivel de radiación es superior al utilizado en técnicas radiográficas convencionales.(52, 54)

La aplicación de la CBCT en la implantología proporciona información diagnóstica de gran valor y se convierte en una herramienta indispensable para complementar el estudio clínico. Dicho estudio puede guiar al profesional en la toma de decisiones sobre las dimensiones, el número, la ubicación y la orientación de uno o varios implantes.(54)

Para lograr una rehabilitación exitosa con implantes dentales, es fundamental llevar a cabo una adecuada planificación prequirúrgica. En esta etapa, se determina la angulación de la arquitectura ósea, la posición y el trayecto de estructuras anatómicas críticas, así como la presencia o ausencia de patologías en los sitios de interés. Con esta información, el profesional puede determinar con mayor certeza la orientación, el tipo y el tamaño de los implantes que se utilizarán en el paciente en cuestión. El análisis prequirúrgico con imágenes tridimensionales en esta fase puede influir significativamente en el éxito de los tratamientos quirúrgicos. El correcto análisis de estos exámenes de imágenes complementarios, junto con la información previamente obtenida a partir de un minucioso examen clínico, resulta esencial para formular un diagnóstico preciso. (52, 54)

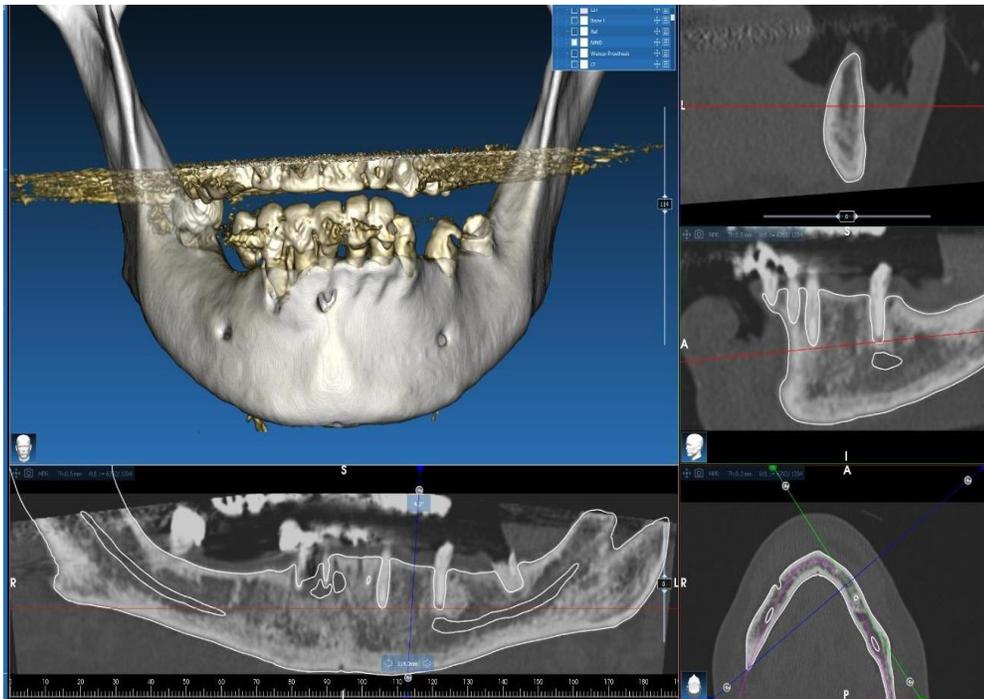


Figura 34. CBCT procesada por el sistema RealGUIDE™ 3DIEMME Italy. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

4.2.1 Planos (coronal, axial y sagital)

En una tomografía, se pueden identificar los planos anatómicos de corte, conocidos como axial, sagital y coronal. (52, 54)

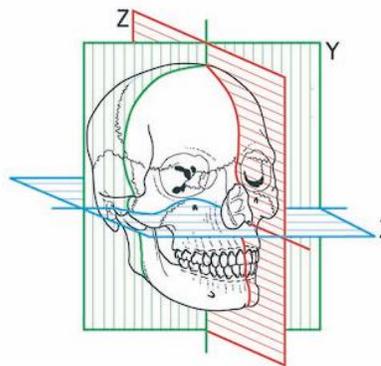


Figura 35. Ilustración de los distintos planos tomográficos (coronal, axial, sagital). Recurso tomado de (52)

Cuando se realiza un corte en dirección X, se obtiene una imagen axial que muestra la anatomía de derecha a izquierda. (52, 54)

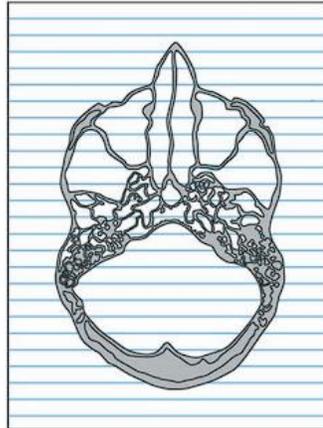


Figura 36. Plano axial en el eje de las X. Recurso tomado de (52)

Por otro lado, un corte en dirección Y produce una imagen coronal del cráneo, que se asemeja a una radiografía convencional tomada en una proyección semifrontal, similar a la proyección de Waters utilizada para examinar los senos maxilares. (52, 54)

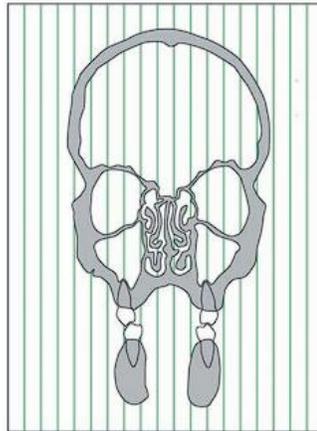


Figura 37. Plano coronal en el eje de las Y. Recurso tomado de (52)

Finalmente, al realizar un corte en dirección Z, se genera una imagen sagital del cráneo, que es similar a una telerradiografía de cráneo obtenida mediante una proyección lateral. (52, 54)

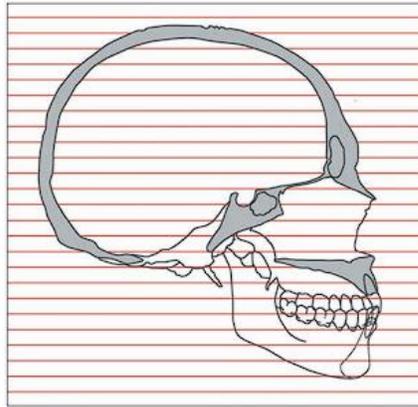


Figura 38. Plano sagital en el eje de las Z. Recurso tomado de (52)

Una ventaja significativa de estas imágenes planas obtenidas mediante tomografía computarizada en comparación con las radiografías convencionales es la falta de superposición de estructuras que se encuentran delante o detrás del plano de corte. Además, es posible ajustar la posición del corte a lo largo de la dirección seleccionada, lo que brinda una mayor flexibilidad en la visualización y análisis de las estructuras anatómicas. (52, 54)

4.2.2 Unidades Hounsfield

Estos valores de atenuación se cuantifican utilizando una escala denominada Unidades Hounsfield (UH), que varía según el equipo de tomografía computarizada (TC) y abarca desde -1000 UH, que representa la densidad del aire, hasta +1000 UH, que indica la densidad del hueso cortical. En una representación visual, este rango completo de valores de atenuación se mostraría en una escala de grises, donde el aire se representaría en un tono negro absoluto, mientras que el hueso cortical se mostraría en blanco absoluto. Es importante destacar que no todos los equipos de TC son idénticos.

En las TC convencionales, al igual que en la técnica radiográfica de tomografía, el paciente permanece en una posición constante, generalmente acostado y quieto, mientras el tubo emisor de rayos X y los sensores giran alrededor de él. Después de obtener una sección de la imagen (denominada "tomos", de ahí el nombre de la técnica), se desplaza al paciente para capturar la siguiente sección y así

sucesivamente hasta completar de manera secuencial la zona de interés. La calidad de la resolución de la imagen varía según la capacidad del equipo, y el grosor de la sección explorada puede ser mayor (indicando una menor resolución) o menor (indicando una mayor resolución). Se clasifica como TC de alta resolución cuando el grosor de la sección explorada es igual o inferior a 1,5 mm.(51, 52)

Hueso	Unidades Hounsfield (HU)	Densidad
D1	>1250 HU	Hueso cortical denso.
D2	850- 1250 HU	Hueso cortical grueso, denso a poroso en la cresta y hueso trabecular grueso en el interior.
D3	350-850 HU	Hueso cortical poroso fino en la cresta y hueso trabecular fino en el interior.
D4	150-350 HU	Hueso trabecular fino.
D5	<150 HU	Inmaduro, hueso no mineralizado.

Tabla 3. Clasificación de la densidad ósea propuesta por Misch y Judy.(18)

Substancia	Valor de HU
Aire	-1000
Pulmón	-500
Grasa	-100 a -50
Agua	0
Líquido cerebroespinal	15
Riñón	30
Sangre	30 a 45
Músculo	10 a 40
Sustancia gris	37 a 45
Sustancia blanca	20 a 30
Hígado	40 a 60
Medios de contraste	100 a 300

Hueso trabecular (Esponjoso)	700
Hueso cortical (Compacto)	1000

Tabla 4. Clasificación del valor de las sustancias según las unidades Hounsfield (55)

4.3 Escaneo intraoral (IOS)

El escáner intraoral (IOS) es un dispositivo médico que consta de tres componentes principales: una cámara portátil (hardware), una computadora y un software especializado. La finalidad del IOS radica en la precisa captura de la geometría tridimensional de un objeto. El formato digital más ampliamente utilizado para este propósito es el lenguaje de teselación estándar (STL) abierto o el tipo STL bloqueado. Con los avances significativos en el uso del escáner intraoral y los auxiliares diagnósticos digitales se ha implementado un proceso de trabajo completamente digital para la planeación y producción de rehabilitaciones. (56, 57)



Figura 39. Escaneo intraoral de ambas arcadas acoplado mediante registro interoclusal. Recurso tomado de (56)

4.4 Estereolitografía (SLA)

La estereolitografía es un sistema de fabricación de prototipos basado en el procesamiento de datos derivados de imágenes médicas como tomografías computarizadas o resonancias magnéticas, y la producción de modelos

tridimensionales sólidos de las mismas. Su aplicación abarca diversas áreas en medicina y odontología, particularmente en el diagnóstico y planificación de procedimientos quirúrgicos como: reconstrucciones óseas, planificaciones implantológicas, problemas de la articulación témporomandibular, entre otros.(58)

La tecnología SLA se confecciona mediante el curado inducido por láser ultravioleta (UV) de polímeros fotocurables como la resina de fotopolímero de metacrilato (MPR). La resina sintética líquida se fotopolimeriza capa por capa mediante un rayo láser, puede requerir estructuras de soporte dependiendo las dimensiones de la impresión. Una vez impreso se retira del soporte y se lava con alcohol isopropílico en una tina ultrasónica con el fin de retirar los residuos de resina no fotopolimerizada y se recomienda su curado en una cámara ultravioleta, SLA es considerado el proceso de impresión 3D de mayor precisión.(59)

Estos modelos no solo actúan como registros físicos de la historia clínica de los pacientes, sino que también tienen un papel fundamental en la educación y en la información proporcionada al paciente acerca del avance del tratamiento. Sin embargo, es importante considerar que su equipamiento conlleva un costo elevado, además de la posibilidad de errores en las dimensiones reales o la aparición de errores de impresión en estructuras óseas delgadas. Actualmente el alcance de esta tecnología es incapaz de reconstruir tejidos blandos, lo que restringe significativamente su uso en procedimientos de reconstrucción facial.(58, 60)



Fotografía 40. Estereolitografía de macizo facial y segmentación mandibular. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

4.5 Marcadores fiduciaros

Los marcadores Suremark son marcadores fiduciaros que están diseñados para poder posicionar objetos reales en un plano digital mediante el uso de la tomografía computarizada de haz cónico, de esta forma es posible empalmar recursos como la prótesis total de nuestro paciente o su rostro digitalizado dentro de sistemas de planeación y diseño.(61)



Figura 41. Escaneo facial empalmado a encerado diagnóstico digital mediante marcadores Suremark. Recurso tomado de (61)

Este marcaje adhesivo está formulado con materiales no metálicos. Se obtiene así un marcador que genera poca distorsión y que es adecuado para la mayoría de los marcajes en CT.(61)



Fotografía 42. Prótesis total superior con marcadores Suremark. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

4.6 Cirugía navegada X-Guide® NobelBiocare, Zurich, Switzerland

La cirugía navegada dinámica X-Guide® NobelBiocare, Zurich, Switzerland representa una herramienta digital innovadora en el campo implantológico, nos permite realizar procedimientos quirúrgicos guiados de manera 100% digital, brindándonos resultados predecibles mediante un método eficaz. Es una herramienta disponible en el mercado donde el cirujano observa de manera virtual al paciente en tiempo real, mientras es capaz de guiar los instrumentos conociendo la ubicación exacta de este mediante la guía del X-Guide®. (62) (63)

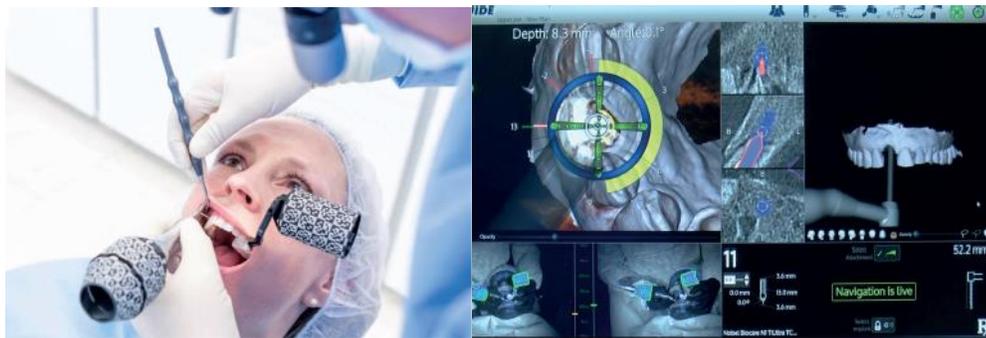


Figura 43. Cirugía navegada X-Guide®. (62)

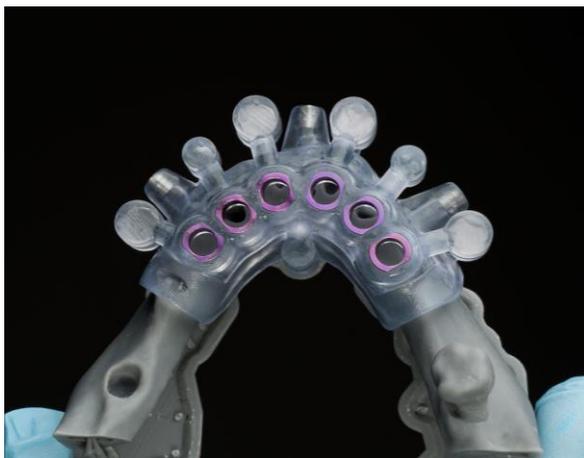
4.7 Cirugía guiada

Las técnicas de cirugía guiada han sido ampliamente utilizadas en el sector implantológico con el objetivo de disminuir el error quirúrgico mejorando el éxito del tratamiento, donde además de añadir los auxiliares diagnósticos como componentes que suman predictibilidad al tratamiento siempre buscando ser lo menos invasivos posibles se consigue interactuar con ellos de manera digital permitiendo una planeación precisa y con mayor predictibilidad.(64)

En 2002 Van Steenberghe y cols. sugirieron un protocolo para la cirugía guiada que utilizaba los datos de una tomografía computarizada asociada a un software tridimensional. La materialización de la planeación para el procedimiento quirúrgico fue confeccionada por procesos de prototipos rápidos (SLA) consiguiendo guías rígidas. (64, 65)

Actualmente los softwares especializados que se presentarán en el capítulo 5 nos permiten una planeación quirúrgico- protésica en un entorno digital, mediante una precisa visualización ósea tridimensional y su relación con la futura prótesis. Además

de brindarnos herramientas como la evaluación y medición de la densidad ósea, seleccionar el tipo, tamaño y número de implantes, identificar su posición, inclinación, tomando en cuenta las estructuras de importancia (seno maxilar, nervio alveolar inferior, nervio mentoniano) así como elegir la emergencia hacia los tejidos periimplantarios para un mejor pronóstico de la futura prótesis. En comparación con el método análogo existe la posibilidad de realizar un procedimiento mínimamente invasivo sin la presencia de un colgajo y la necesidad de suturar, reduciendo así el dolor y consiguiendo un postoperatorio más llevadero. (64)



Fotografía 44. Guía quirúrgica apilable de colocación de implantes (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5. CAPÍTULO V GUÍA DE REGULARIZACIÓN ÓSEA

5.1 RealGUIDE™ 3DIEMME Italy

RealGUIDE™ 3DIEMME Italy representa un software de imagenología 3D versátil y de código abierto que tiene la capacidad de incluir bibliotecas de terceros fundamentales para la planificación de implantes y el diseño de guías quirúrgicas.

Incluye un visor DICOM completo que resulta útil para el análisis y diagnóstico preciso de cada caso tomográfico. (66)

Proporciona una variedad extensa de herramientas, tales como segmentación, edición digital, mediciones en dimensiones 2D y 3D, y herramientas analíticas. (66)

Su interfaz de usuario, que se caracteriza por su intuitividad, se complementa con una calidad de imagen destacada y una amplia gama de opciones de visualización, asegurando una representación ágil y precisa de las imágenes. Asimismo, facilita herramientas detalladas de medición y análisis, junto con la creación sencilla de informes integrados. (66)

RealGUIDE incorpora todas las herramientas esenciales para el modelado de superficies y volúmenes, lo que permite integrar funciones de diagnóstico y planificación virtual en sistemas CAD/CAM y de prototipado rápido.

El formato de archivo principal generado por el software se enfoca principalmente en ficheros STL, especialmente adaptados para aplicaciones en cirugía dental, maxilofacial y ortognática. (66)

Los dispositivos que pueden ser modelados con este software son:

- Guías quirúrgicas para implantes dentales y planificación de tornillos quirúrgicos.
- Guías de corte y reducción ósea para cirugía maxilofacial.
- Prótesis dentales y maxilofaciales.

Esta amplia variedad de aplicaciones muestra la versatilidad y la amplitud de uso del software RealGUIDE en distintos ámbitos de la odontología y la cirugía maxilofacial, permitiendo un diseño detallado y preciso de diversos dispositivos y procedimientos.(66)

5.2 Diseño de guía de regularización ósea mediante el sistema RealGUIDE™ 3DIEMME Italy

A continuación, se muestran los pasos para el diseño de una guía de regularización ósea mediante el uso del sistema RealGUIDE®.(66)

5.2.1 Incorporación de archivos de escaneo intraoral STL

El software ofrece la posibilidad de integrar escaneos intraorales obtenidos directamente de nuestros pacientes, los cuales contienen información minuciosa de los tejidos blandos que no está disponible en las imágenes tomográficas. Estos escaneos se fusionan con las tomografías utilizando puntos de referencia específicos, lo que asegura una alineación adecuada entre ambos conjuntos de datos. La posición de estos modelos se establece a través del registro oclusal, lo que resulta en una mejora significativa del panorama protésico. Este proceso integral permite una consideración más completa de la anatomía oral, proporcionando así una base más sólida para la planificación y ejecución de tratamientos protésicos precisos y personalizados.

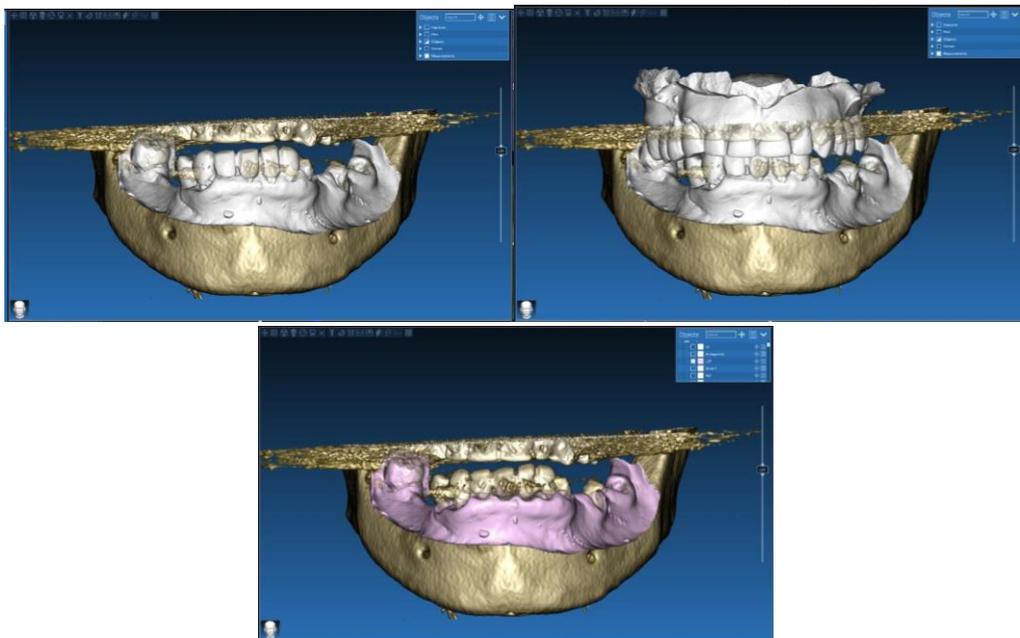


Figura 45. Integración de escaneos intraorales. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.2 Segmentación tomográfica

La segmentación se define como un proceso de subdivisión, ya sea automático o semiautomático, que tiene como objetivo la “limpieza” de un archivo DICOM que se ha importado a un programa o software de planificación de implantes.

La anatomía se puede aislar, limpiar y colorear para un mejor reconocimiento y verificación.

Actualmente se busca mejorar el sistema de segmentación implementando sistemas de inteligencia artificial que automaticen las acciones necesarias para delimitar estructuras, pero en caso de RealGUIDE™ 3DIEMME Italy la aplicación aún está en desarrollo. Este enfoque nos proporciona un modelo detallado que permite la creación de guías quirúrgicas con un adecuado ajuste óseo, garantizando así un asentamiento óptimo. (67, 68)

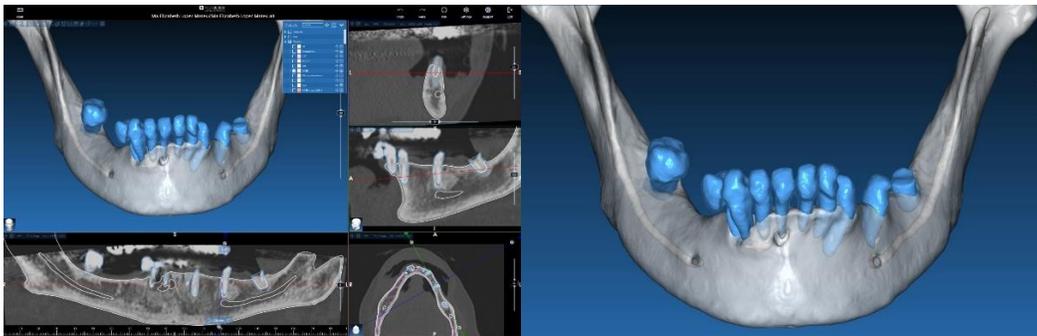


Figura 46. Segmentación tomográfica. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.3 Manipulación de mallas

Mediante el programa Autodesk Meshmixer se realizan los cortes y edición del modelo posterior a la segmentación consiguiendo delimitar las áreas de importancia, así como poder quitar las estructuras que no son de utilidad.(59)

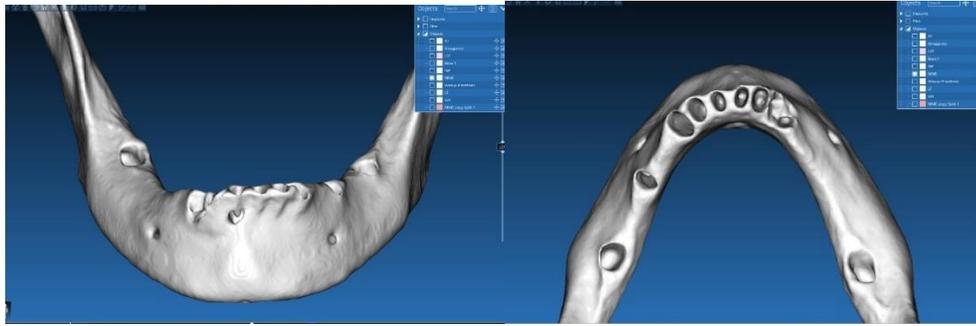


Figura 47. Modelos edéntulos resultado de la manipulación de mallas. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.4 Encerado diagnóstico digital

El software cuenta con la función de llevar a cabo un encerado diagnóstico digital, el cual se efectúa teniendo en consideración las características específicas del paciente. En casos de edentulismo, se recomienda el uso del método de la distancia interalar para la selección de los dientes. Otra alternativa consiste en emplear la teoría de la proporción áurea, ya sea mediante métodos manuales o digitales, apoyado por la teoría de los temperamentos ofrece una estrategia favorable para lograr el resultado estético deseado.

La ejecución del encerado diagnóstico permite la fabricación de maquetas diagnósticas o mock ups, matrices, guías de desgaste selectivo, prótesis provisionales brindándonos herramientas que nos permitan un tratamiento más predecible.(69)

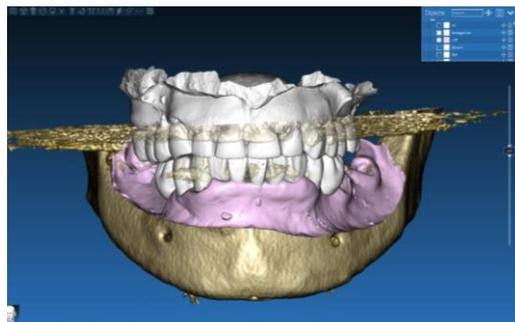


Figura 48. Encerado diagnóstico digital. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.5 Análisis y toma de decisiones

Considerando la disponibilidad ósea y la distancia desde la cresta ósea hasta las estructuras de riesgo se determina la cantidad de implantes requeridos, así como su angulación, tamaño y tipo adecuados. (70)

La necesidad de la regularización va a depender del espacio protésico y el tipo de rehabilitación que se desee realizar.

5.2.6 Diseño de guía quirúrgica de regularización ósea

En base al encerado diagnóstico digital y siguiendo la toma de decisiones previamente establecida, se determina el remanente óseo a retirar, basándose en estas mediciones se planifica la creación de la guía de reducción ósea.

Una vez diseñado el cuerpo se diseñan las áreas donde se colocarán los tornillos de fijación ósea, los cuales proporcionarán la estabilidad necesaria para la guía quirúrgica. En este caso clínico, la guía elaborada es apilable, por lo que se deja el espacio específico para los imanes que proporcionan el anclaje de la guía de colocación de implantes y la guía de provisionalización, el diseño de aditamentos hembra y macho nos brindan resistencia al desplazamiento, así como estabilidad. Mediante este método se consigue una precisión y eficiencia relevante en el tratamiento implantológico. (71)

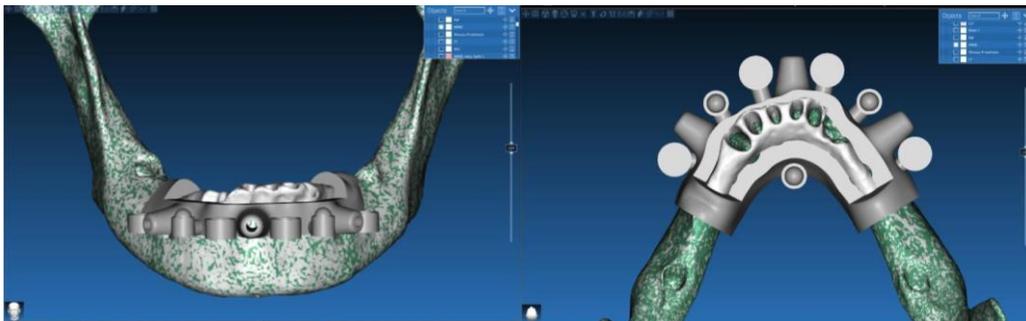


Figura 49. Diseño de guía quirúrgica de regularización ósea. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.7 Reducción ósea digital

Se realiza el procedimiento de reducción ósea de manera digital con el fin de conseguir una meseta ósea ideal en base a ella se diseñará la guía de colocación de implantes.(46)

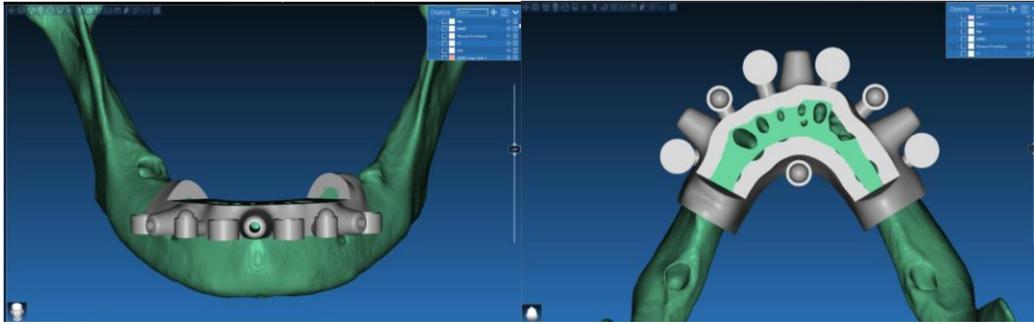


Figura 50. Reducción ósea digital. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.8 Verificación de espacio

Se superpone el encerado diagnóstico digital sobre la meseta creada con el propósito de confirmar la presencia de un espacio adecuado que permita el uso de los aditamentos necesarios para la rehabilitación. (11, 72)

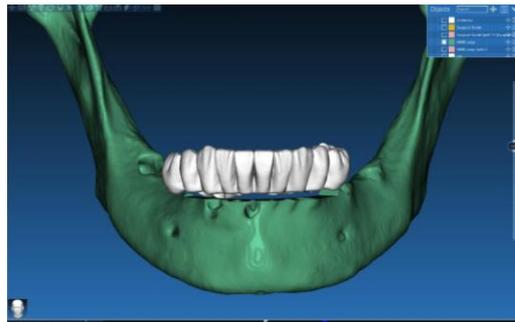


Figura 51. Sobreposición del encerado diagnóstico y la regularización ósea. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.9 Planificación de implantes

Con base a la planificación protésica y las bases quirúrgicas se determina el tamaño de los implantes, posición, angulación y su distribución correcta.(46)

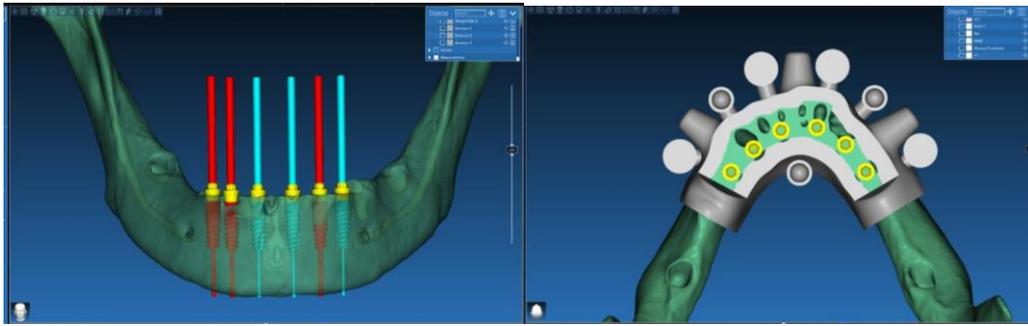


Figura 52. Planificación de implantes. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.10 Diseño de guía de colocación de implantes

Se realiza el diseño de las guías de colocación de implantes tomando en cuenta la posición de los implantes, el protocolo de fresado y la longitud de las fresas. Se diseña el espacio para los anillos que corresponden al protocolo quirúrgico, así como los estabilizadores hembra macho.

Los anillos o cilindros de las guías quirúrgicas permiten el posicionamiento de manera efectiva de las fresas, están hechos de metales resistentes y biocompatibles, los cuales van acoplados por distintos métodos mecánicos o químicos.

Los anillos o cilindros presentes en las guías quirúrgicas facilitan el posicionamiento efectivo de las fresas utilizadas en el procedimiento. Estos elementos se confeccionan a partir de metales resistentes y biocompatibles, diseñados para su acoplamiento mediante diversos métodos, ya sean mecánicos o químicos.(46, 73)

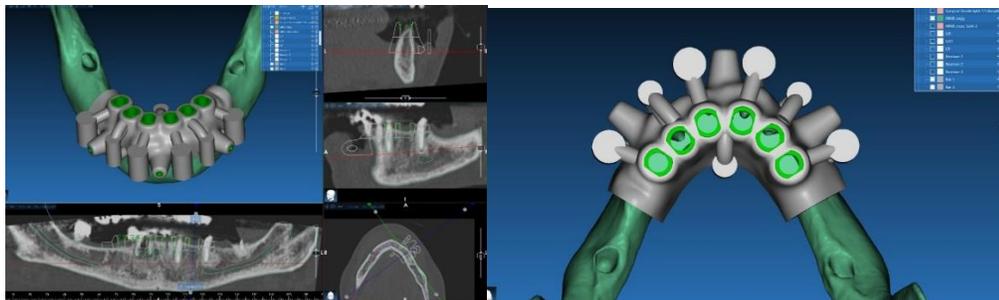


Figura 53. Diseño de guía de colocación de implantes. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.11 Diseño de guía de provisionalización

Se utiliza el encerado diagnóstico generado y tomando en cuenta el perfil de emergencia de los implantes y sus respectivas angulaciones, se realizan chimeneas en la prótesis que serán adaptadas con resina bisacrílica para una adecuada provisionalización.(46)

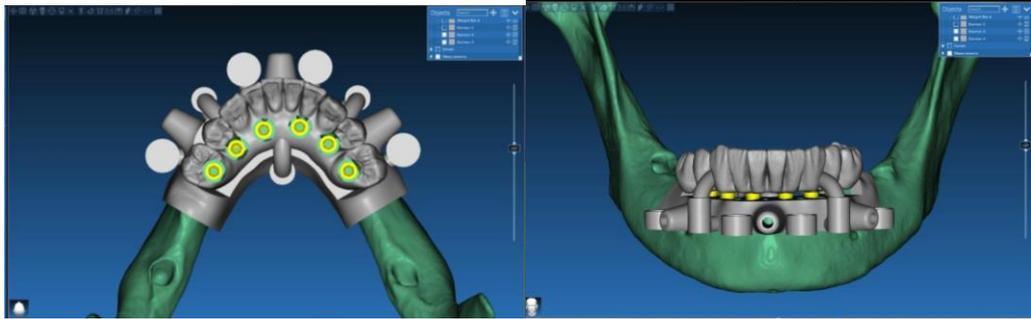
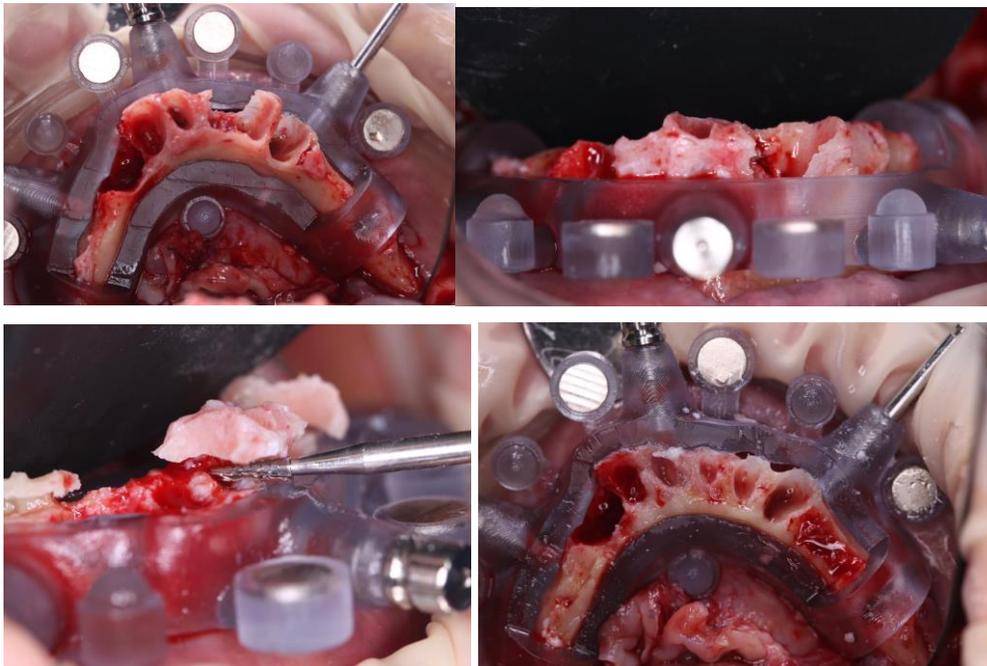


Figura 54. Diseño de guía de provisionalización. (Imagen cortesía proporcionada por el C.D Juan Andrés Quesada Román)

5.2.12 Implementación clínica

El proceso quirúrgico realizado en base a una planeación y una guía quirúrgica digital nos delimita la zona que se debe retirar el hueso, mediante uso de distintos sistemas, rotatorio con fresas de corte (703), fresones o piezoeléctrico.



Fotografía 55. Implementación clínica de la guía quirúrgica digital. (Imágenes cortesía proporcionadas por el C.D Ricardo Velázquez García)

5.3 Alternativas de sistemas de planeación

Existen diversos sistemas de planificación implantológica disponibles en el mercado. Algunos de estos sistemas son de acceso gratuito y ofrecen funcionalidades básicas para el diseño, mientras que otros son del mercado privado y permiten el uso de herramientas más avanzadas que facilitan el proceso de planificación. Algunos sistemas privados pueden restringir su uso exclusivamente a los implantes de su propia marca. No obstante, todos estos sistemas comparten un objetivo común, que es recopilar elementos diagnósticos fundamentales, como imágenes tomográficas (DICOM), escaneos intraorales (STL) y datos clínicos, que incluyen la dimensión vertical y el tipo de sonrisa. Estos datos se utilizan para llevar a cabo una planificación que se ajuste a las necesidades específicas del paciente y a las exigencias protésicas, con el fin de determinar el tipo de rehabilitación adecuada y, en consecuencia, identificar la posición ideal y el número óptimos de implantes.(46)

5.3.1 Blue Sky Plan Bluesky Bio, Illinois

Blue Sky Plan 4 Plan Bluesky Bio Illinois es un software de acceso gratuito para la planificación de procedimientos implantológicos; sin embargo, implica un costo adicional realizar la exportación del archivo STL necesario para imprimir la guía quirúrgica planeada. Se destaca como uno de los programas líderes que facilitan el inicio del proceso de desarrollo digital debido a su amplia gama de herramientas disponibles y a su extenso repertorio de librerías, que incluyen implantes, aditamentos, fresas quirúrgicas y kits.

Este software posibilita la integración de diversos auxiliares diagnósticos, tales como tomografías computarizadas (CBTC) en formato DICOM, escaneos intraorales en formato STL, y la incorporación de encerados diagnósticos digitales, elementos esenciales para nuestra planificación en implantología.(74)

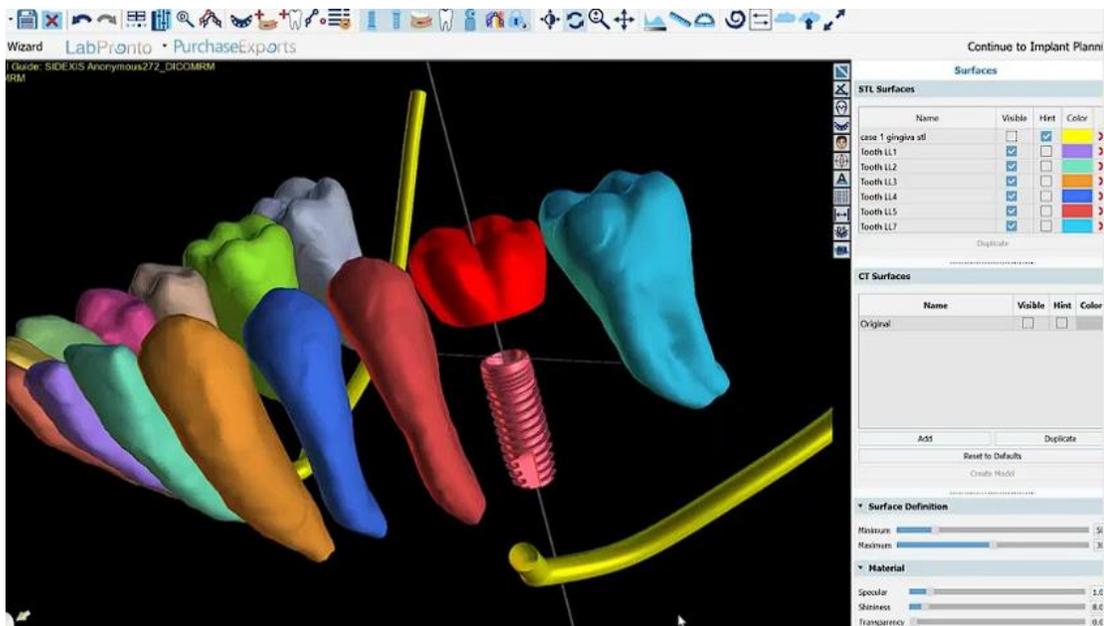


Figura 56. Software Blue Sky Plan 4 Plan Bluesky Bio Illinois. Recurso tomado de (75)

5.3.2 CoDiagnostiX Straumann® Suiza

CoDiagnostiX Straumann® Suiza es un software de pago de planificación destinada a rehabilitaciones dentales, tanto para casos unitarios como para rehabilitaciones que abarcan arcadas completas. Su uso se distingue por su practicidad y eficacia, ofreciendo un entorno interactivo mejorado mediante la integración de un asistente basado en inteligencia artificial (IA). Este software permite la incorporación de datos tomográficos en formato DICOM y escaneos intraorales en formato STL, facilitando la creación de guías quirúrgicas para la colocación de implantes, guías de reducción ósea, la elaboración de prótesis provisionales, así como el acceso otras herramientas disponibles dentro de su plataforma. (76)



Figura 57. Software CoDiagnostiX Straumann® Suiza. Recurso tomado de (77)

5.3.3 DTX Studio™ Implant 3 Nobel Biocare Zurich, Switzerland

Se trata de un software especializado en la planificación de procedimientos implantológicos que posibilita la visualización y análisis de imágenes tomográficas con fines diagnósticos. Este software ofrece un conjunto de herramientas destinadas a la planificación quirúrgica y la creación de guías específicas para procedimientos quirúrgicos. Una vez elaboradas, estas guías pueden exportarse al entorno de trabajo de DTX Studio™ Lab para su fabricación.(78)

DTX Studio™ Implant 3 Nobel Biocare, Zurich, Switzerland es una pieza integral del concepto de cirugía navegada denominado NobelGuide. La planificación efectuada mediante este software, en combinación con el proceso quirúrgico guiado por X-Guide® NobelBiocare, Zurich, Switzerland, proporciona un pronóstico altamente favorable para la rehabilitación implantológica.(63, 78)

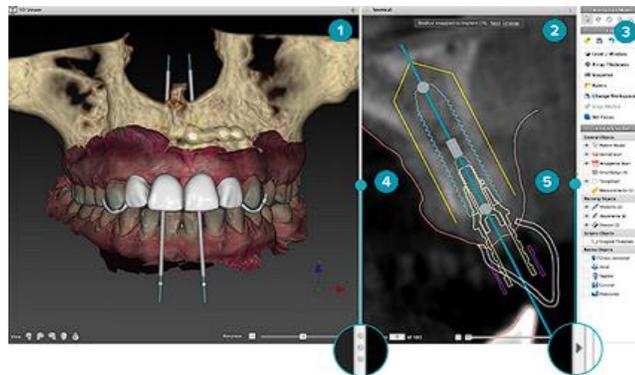


Figura 58. Software DTX Studio™ Implant 3.5. Recurso tomado de (78)

5.3.4 ImplaStation ProDigiDent Inc. Illinois

Se trata de un software especializado en la planificación de procedimientos implantológicos que ofrece una gama diversa de herramientas. Entre estas se incluyen un visor de archivos tomográficos en formato DICOM, segmentación de imágenes de tomografías, un convertidor que permite transformar archivos DICOM en formato STL para su posterior impresión en 3D, cuenta con tecnología de doble escaneo y facilita la planificación tanto de guías quirúrgicas como de prótesis.(79)

Además, brinda la flexibilidad de incorporar kits o herramientas necesarias para el proceso quirúrgico, así como información detallada sobre la secuencia de fresado. También dispone de una amplia biblioteca que abarca una variedad de implantes y aditamentos, ofreciendo así una extensa gama de opciones para los profesionales en la toma de decisiones durante el proceso de planificación.(79)

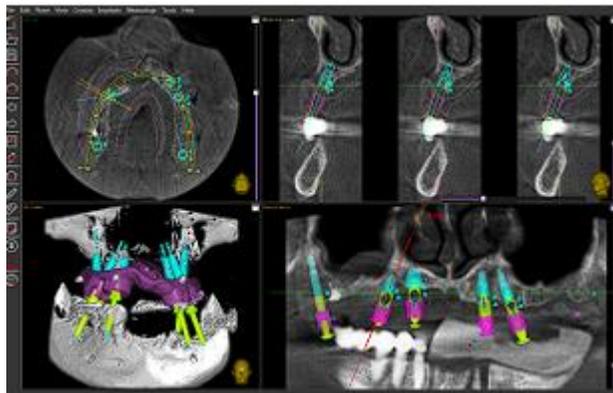


Figura 59. Software ImplaStation, ProDigiDent Inc. Illinois. Recurso tomado de (79)

5.3.5 Exoplan 3.0 Galway Exocad USA

Se trata de un software eficaz en el diseño y planificación precisa de implantes dentales mediante la creación de guías quirúrgicas. Su objetivo primordial es establecer una conexión entre el flujo de trabajo del laboratorio dental, el odontólogo y los especialistas en implantes. (80)

Esto permite un flujo de trabajo más interactivo y garantiza resultados de alta calidad. La planificación virtual de implantes se basa en la prótesis final, asegurando un proceso de adaptación que conduce a resultados protésicos excelentes.(80)

Además, presenta una sección denominada "Guide Creator", la cual simplifica la planificación de guías quirúrgicas y la producción de prótesis temporales o definitivas

soportadas por implantes. Este componente resulta fundamental para una planificación detallada y la elaboración de prótesis adaptadas a las necesidades específicas de cada paciente.(80)

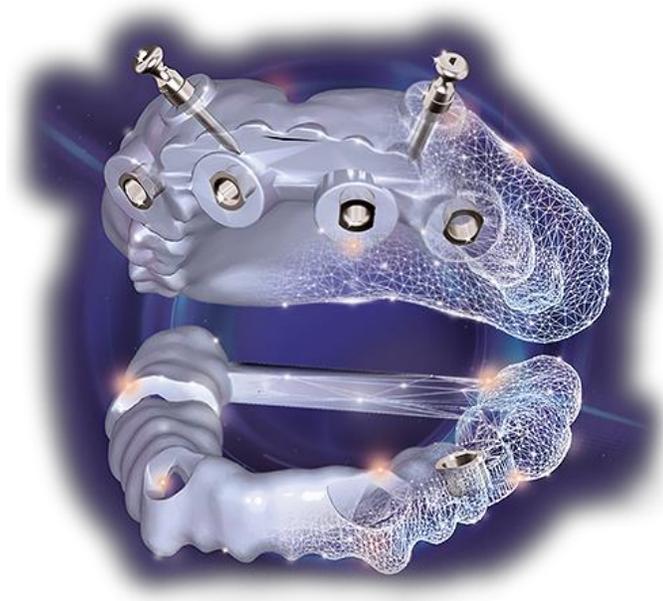


Figura 60. Guía fabricada con el sistema Exoplan 3.0 Galway, Exocad, USA. Recurso tomado de (80)

Conclusión

Podemos concluir que la regularización ósea digitalmente asistida representa una herramienta innovadora y eficaz ante la problemática de rehabilitación del paciente edéntulo sin embargo su implementación depende del análisis, diagnóstico y plan de tratamiento ya que, en algunos casos este proceso de remodelación se da de forma natural debido al proceso de reabsorción ósea en ambos maxilares.

La aplicación de esta herramienta mediante el flujo digital nos brinda resultados predecibles y determinables en comparación con el método análogo.

El poder realizar un procedimiento invasivo de manera digital permitiéndonos previsualizar los resultados sin siquiera haber operado al paciente representa un beneficio significativo en el éxito y predictibilidad del tratamiento.

La odontología moderna ha tomado un camino tecnológico que no se puede ignorar, los avances actuales generan día con día nuevas áreas de oportunidad que nos obligan como personal de salud a mantenernos actualizados y abiertos al cambio.

La implementación de inteligencia artificial en estas áreas debe ser utilizada como una herramienta más para fortalecer nuestro criterio y toma de decisiones sin olvidar nuestro compromiso y responsabilidad en atención de la salud.

Referencias

1. Lindhe J, Lang NP, Berglundh T, Giannobile WV, Sanz M. Clinical periodontology and implant dentistry. Sixth edition. ed. Chichester, West Sussex ; Ames, Iowa: John Wiley and Sons, Inc.; 2015. xxiii, 555 (i1-i26) pages p.
2. Ross MH, Pawlina W. Histology : a text and atlas : with correlated cell and molecular biology. Seventh edition. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2016. xv, 984 pages p.
3. Gartner LP. Texto de histología atlas a color. Séptima edición. ed. Barcelona, España: Wolters Kluwer; 2018.
4. Murshed M. Mechanism of Bone Mineralization. Cold Spring Harb Perspect Med. 2018;8(12).
5. Patton KT, Thibodeau GA. Anatomy & physiology. 8th ed. St. Louis, Mo.: Elsevier/Mosby; 2013.
6. Fenlon MR, Sherriff M, Walter JD. Association between the accuracy of intermaxillary relations and complete denture usage. J Prosthet Dent. 1999;81(5):520-5.
7. Preti G. Rehabilitación Protésica. Tomo I y II. Venezuela: Amolca. 2007.
8. K. Kao DW, Fiorellini JP. Clasificación de la relación de la cresta alveolar interarcada. Revista Internacional de Odontología Restauradora y Periodoncia. 2010;14(5):522-9.
9. Buser D, Belser UC, Wismeijer D. Implant Therapy in the Esthetic Zone : Single-Tooth Replacements. Berlin, GERMANY: Quintessenz Verlag; 2007.
10. Callegari A, Dias RB. Rehabilitación estética: abordajes precisos y actuales. 2015.
11. Tjan AH, Miller GD, The JG. Some esthetic factors in a smile. J Prosthet Dent. 1984;51(1):24-8.
12. Fradeani M. Análisis dentolabial.3.^a parte: Línea de sonrisa. Quintessence Técnica. 2012;23(6):328-39.
13. Esfahrood ZR, Kadkhodazadeh M, Talebi Ardakani MR. Gingival biotype: a review. Gen Dent. 2013;61(4):14-7.
14. ADM R. Fenotipo per iodontal y recesiones gingivales. Nueva clasificación. Revista ADM. 2018;75(6):304-5.
15. K. Kan JY, Morimoto T, Rungcharassaeng K, Roe P, Smith DH. Evaluación del biotipo gingival en la zona estética: inspección visual frente a medición directa. Revista Internacional de Odontología Restauradora y Periodoncia. 2010;14(3):236-43.
16. Carpentieri J, Greenstein G, Cavallaro J. Hierarchy of restorative space required for different types of dental implant prostheses. J Am Dent Assoc. 2019;150(8):695-706.
17. Misch CE. Contemporary implant dentistry. 3rd ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2008. xvii, 1102 p. p.
18. Resnik R. Misch. Implantología contemporánea: Elsevier Health Sciences; 2020.
19. Chee W, Jivraj S. Screw versus cemented implant supported restorations. British Dental Journal. 2006;201(8):501-7.
20. Biomet 3i Restorative manual [12/12/2023]. Available from: https://www.biomet3i.cz/userFiles/pdf/restorative-technologies-product-catalog_instres.pdf.
21. Kendrick S, Wong D. Vertical and horizontal dimensions of implant dentistry: numbers every dentist should know. Inside Dent. 2009;4287:2-5.

22. Misch CE. Principles for abutment and prosthetic screws and screw-retained components and prostheses. *Dental Implant Prosthetics*: Elsevier; 2015. p. 724-52.
23. Carpentieri JR, Tarnow DP. *The Mandibular Two-implant Overdenture: First-choice Standard of Care for the Edentulous Patient*: Montage Media Corporation; 2007.
24. Lee CK, Agar JR. Surgical and prosthetic planning for a two-implant-retained mandibular overdenture: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2006;95(2):102-5.
25. Sadowsky SJ. Treatment considerations for maxillary implant overdentures: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2007;97(6):340-8.
26. Carpentieri J, Drago C. Treatment of edentulous and partially edentulous maxillae: Clinical guidelines. *J Impl Reconstruct Dentistry*. 2011;3:8-17.
27. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005;32(2):212-8.
28. García Gargallo M, Yassin García S, Bascones Martínez A. Técnicas de preservación de alveolo y de aumento del reborde alveolar: revisión de la literatura. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral*. 2016;28:71-81.
29. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol*. 2004;31(10):820-8.
30. Rosales ZPS. Evaluación del segundo molar posterior a la preservación de alveolo de terceros molares con aloinjertos. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2020.
31. SEIBERT J. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridger, using full thickness onlay graft. 1. Technique and wound healing. *Dentistry*. 1983;4:437.
32. Falcón B. Manejo de los defectos horizontales del reborde alveolar. *Journal of the Peruvian Association of Periodontology and Osseointegration (JPAP)*. 2017;2:30-9.
33. Allen EP, Gainza CS, Farthing GG, Newbold DA. Improved technique for localized ridge augmentation. A report of 21 cases. *J Periodontol*. 1985;56(4):195-9.
34. Wang H-L, Al-Shammari K. HVC ridge deficiency classification: a therapeutically oriented classification. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2002;22(4).
35. Lekholm U. Patient selection and preparation. *Tissue-integrated prosthesis: osseointegration in clinical dentistry*. 1985:199-209.
36. Juodzbaly G, Kubilius M. Clinical and radiological classification of the jawbone anatomy in endosseous dental implant treatment. *J Oral Maxillofac Res*. 2013;4(2):e2.
37. Serio FG. *Periodontics: Medicine, Surgery, and Implants* By Louis F. Rose, Brian L. Mealey, Robert J. Genco, and D. Walter Cohen Elsevier Mosby; Philadelphia: 2004. 990 pp. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2005;99(4):522-.
38. Misch C, Judy K. Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *The International journal of oral implantology: implantologist*. 1987;4(2):7-13.
39. Clasificación de Misch y Judy 1987 según el hueso disponible un enfoque implantológico [Available from: https://pocketdentistry.com/wp-content/uploads/285/c00014_f014-006-9780323078450.jpg].

40. Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res.* 2001;12(1):79-84.
41. Elian N, Bloom M, Dard M, Cho SC, Trushkowsky RD, Tarnow D. Effect of interimplant distance (2 and 3 mm) on the height of interimplant bone crest: a histomorphometric evaluation. *J Periodontol.* 2011;82(12):1749-56.
42. Miloro M, Peterson LJ. *Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery*: People's Medical Publishing House-USA; 2012.
43. Misch CE. Prosthetic options in implant dentistry. *Int J Oral Implantol.* 1991;7(2):17-21.
44. Misch CE. Bone classification, training keys to implant success. *Dent Today.* 1989;8(4):39-44.
45. Beretta M, Poli PP, Tansella S, Maiorana C. Virtually guided alveolar ridge reduction combined with computer-aided implant placement for a bimaxillary implant-supported rehabilitation: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2018;120(2):168-72.
46. Costa AJM, Teixeira Neto AD, Burgoa S, Gutierrez V, Cortes ARG. Fully Digital Workflow with Magnetically Connected Guides for Full-Arch Implant Rehabilitation Following Guided Alveolar Ridge Reduction. *J Prosthodont.* 2020;29(3):272-6.
47. Sánchez SA, Balcazar E, Sánchez E. Esthetic Rehabilitation in a Fully Edentulous Patient with Implant-Supported Overdentures Using Novel Digital Techniques and CAD/CAM Materials. *Current Oral Health Reports.* 2021;8(4):132-58.
48. Misch CE. Chapter 30 - Maxillary Arch Fixed Implant Prostheses: Design and Fabrication. In: Misch CE, editor. *Dental Implant Prosthetics (Second Edition)*. St. Louis: Mosby; 2015. p. 829-73.
49. Resnik RR, Misch CE. 3 - Treatment Planning Complications. In: Resnik RR, Misch CE, editors. *Misch's Avoiding Complications in Oral Implantology*: Mosby; 2018. p. 54-147.
50. Pollini A, Goldberg J, Mitrani R, Morton D. The Lip-Tooth-Ridge Classification: A Guidepost for Edentulous Maxillary Arches. Diagnosis, Risk Assessment, and Implant Treatment Indications. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017;37(6):835-41.
51. Hernández Muñoz S, Mitjavila Casanovas M. Introducción a la tomografía computarizada. *Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular.*
52. Arana-Fernández de Moya E, Buitrago-Vera P, Benet-Iranzo F, Tobarra-Pérez E. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales. *RCOE.* 2006;11:311-22.
53. Ganz SD. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(9 Suppl 2):59-71.
54. Carrasco Meza A, Quintanilla Sfeir M, Hidalgo Rivas A. Guías sobre el uso de tomografía computerizada de haz cónico en la evaluación pre-quirúrgica en implantología. *Avances en Odontoestomatología.* 2018;34:183-92.
55. Importancia de la Unidades Hounsfield, en la Tomografía Computarizada y la de Haz Cónico 2023 [updated 08/12/2023. Available from: <https://www.odontoespacio.net/img/noticia/oen1077a1.jpg>.
56. Schweiger J, Beuer F, Edelhoff D. Flujo de trabajo digital, 1.ª parte. Del escaneo intraoral a la confección del modelo. *Quintessence Técnica.* 2011;22(4):223-30.
57. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng.* 2017;2017:8427595.

58. Trevejo-Bocanegra A, Fernández D, Calderón-Ubaqui V. Estereolitografía: Conceptos básicos. *Revista Estomatológica Herediana*. 2013;23(2):96-.
59. Moser N, Santander P, Quast A. From 3D imaging to 3D printing in dentistry - a practical guide. *Int J Comput Dent*. 2018;21(4):345-56.
60. Castillo RJ, Ríos AB. La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. *Revista Odontológica Mexicana Órgano Oficial de la Facultad de Odontología UNAM*. 2005;9(1).
61. Amin SA, Hann S, Elsheikh AK, Boltchi F, Zandinejad A. A complete digital approach for facially generated full arch diagnostic wax up, guided surgery, and implant-supported interim prosthesis by integrating 3D facial scanning, intraoral scan and CBCT. *J Prosthodont*. 2023;32(1):90-3.
62. Delmas D. Cirugía navegada en implantología: el círculo digital se completa, flujo 100% digital. *El Dentista Moderno*. 2022;65:9.
63. van Hooft J, Kienlenstijn G, Liebrechts J, Baan F, Meijer G, D'Haese J, et al. Intraoral Scanning as an Alternative to Evaluate the Accuracy of Dental Implant Placements in Partially Edentate Situations: A Prospective Clinical Case Series. *J Clin Med*. 2022;11(19).
64. Contreras Molina I, Contreras Molina G, Bez L, de Souza Magini R, Maziero Volpato C. Cirugía guiada en implantología. *Revista Odontológica Mexicana*. 2013;17(2):117-22.
65. van Steenberghe D, Jacobs R, Desnyder M, Maffei G, Quirynen M. The relative impact of local and endogenous patient-related factors on implant failure up to the abutment stage. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(6):617-22.
66. RealGUIDE™ software suite 2023 [Paquete de software RealGUIDE™]. Available from: <https://www.3diemme.it/en/products-and-services/realguide-software-suite/#/>.
67. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Galluci GO, Att W, et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2023;129(2):293-300.
68. Campanini R, editor A deep learning approach to bone segmentation in CT scans 2017.
69. Barcia NA. Selección de los dientes en rehabilitación oral. Revisión de tema. *Revista San Gregorio*. 2018(22):86-95.
70. Mijiritsky E, Ben Zaken H, Shacham M, Cinar IC, Tore C, Nagy K, et al. Variety of Surgical Guides and Protocols for Bone Reduction Prior to Implant Placement: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5).
71. Charette JR, Goldberg J, Harris BT, Morton D, Llop DR, Lin WS. Cone beam computed tomography imaging as a primary diagnostic tool for computer-guided surgery and CAD-CAM interim removable and fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2016;116(2):157-65.
72. Gomez-Meda R, Esquivel J, Blatz MB. The esthetic biological contour concept for implant restoration emergence profile design. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(1):173-84.
73. Carnesoltas CP, Rivero AÁ, Echezarreta RMD, Páez WM, Matos YC. USO DE LA IMPRESIÓN 3D EN LA IMPLANTOLOGÍA DENTAL Y LA REHABILITACIÓN BUCOMAXILOFACIAL EN CUBA. *South American Development Society Journal*. 2023;9(26):289.
74. Talmazov G, Bencharit S, Waldrop TC, Ammoun R. Accuracy of Implant Placement Position Using Nondental Open-Source Software: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2020;29(7):604-10.
75. Chan C. Blue Sky Bio lanza la colocación de implantes impulsada por IA en BlueSkyPlan 4.11 2023 [updated 2023/4/30 12/12/2023]. Available from:

<https://dentalresourceasia.com/es/blue-sky-bio-releases-ai-powered-implant-placement-in-blueskyplan-4-11/>.

76. CoDiagnostiX® [Descripción del software CoDiagnostiX®]. Available from: <https://www.codiaagnostix.com/>.

77. El mercado SCyCe. Mejore la eficiencia y la productividad [Available from: https://www.dwos.com/sites/default/files/DW_CoDiagnostix_Labs_SP_0.pdf.

78. DTX Studio™ Implant 3.5 [Descripción del software DTX Studio™ Implant 3.5]. Available from: https://nobellicense.nobelbiocare.com/ifu/bf411532-7b0a-4eb5-85fc-e331c68a79c2/3.5/IFU_DTX_Studio_Implant_3.5_ES.pdf.

79. ImplaStation 2019 [updated 2019/11/17. Descripción del software ImplaStation]. Available from: <https://en.implastation.com/advanced/>.

80. Exoplan 2023 [updated 2023/4/20. Descripción del software Exoplan]. Available from: <https://exocad.com/es/productos/exoplan/>.