



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA COLOCACIÓN Y  
REHABILITACIÓN DE IMPLANTES A TRAVÉS DEL  
SISTEMA CAD-CAM.

**TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE  
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

LILY BEATRIZ NAVA FERNÁNDEZ DEL CAMPO

TUTORA: Mtra. BEATRIZ RAQUEL YAÑEZ OCAMPO



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.



Dedico este trabajo final a la mujer más maravillosa del mundo que me ha dado la vida a mi madre Cirujana Dentista Lilia Beatriz Fernández del Campo Alva por ser un ejemplo para mí a lo largo de mi camino en este mundo, el pilar más importante de mi vida, agradezco profundamente por tener el privilegio de ser tu hija y saber que siempre hemos estado juntas en los momentos buenos y malos, quien me ha demostrado su amor incondicional y verdadero, que me sostiene en todo momento, impulsándome siempre a seguir adelante para poder llegar a cumplir todas mis metas, pero en especial por tenerme tanta paciencia para poder culminar este logro profesional tan importante que hoy compartimos. Me ha enseñado que todos los sueños son alcanzables y posibles gracias mamá.

A mi abue Olga Alva Sánchez que me ha dejado una huella en mi corazón y siempre estarás a mi lado, sé que desde el lugar donde te encuentres, te sentirás orgullosa del gran esfuerzo que hiciste con tu tesoro, y en este trabajo sé que estás tú, gracias abue por tu cariño, tu cobijo, tus cuidados, tu tiempo y lo mejor que me regalaste, tu vida y tu ejemplo, infinitas gracias.

Agradezco hondamente a la Mtra. Raquel Yáñez por confiar en mí para dirigir este trabajo final, por su dedicación colaborando con su iniciativa, sus ideas, su tiempo y su profesionalismo.



Agradezco a la Mtra. Paty Vargas por cambiar mi forma de ver no solo por la periodoncia, sino por la vida misma, por prestar interés y sobre todo por ayudarme a culminar este proyecto y permitirme conocerla como el ser humano que es.

A mi pequeño perro pecoso gracias por llegar a mi vida formar parte de ella regalándome tu cariño, tu alegría, tu compañía, tus travesuras y por siempre estar a mi lado.

A mis tíos, tías, primos, primas y sobrinos tengo una profunda gratitud con cada uno de ustedes por participar todos y cada uno de ustedes de cierta manera a lo largo de mi formación académica para poder hoy culminar con este sueño y compartirlo con ustedes GRACIAS por formar parte de mi vida.

Quiero hacer una mención especial para mi tía Ana María, por ser una fuente de impulso ayudándome a conseguir mis metas, siendo un ejemplo de lucha constante, a Lourdes y a Olga por siempre ser mis pacientes y confiar en mí.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de comenzar mi formación crecer en sus aulas y clínicas para ser un mejor ser humano.

A dios por darme vida y permitirme concluir este ciclo de mi vida.



---

“La perseverancia no es una carrera larga; son muchas  
carreras cortas, una tras otra.”

Walter Elliot



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>OBJETIVO</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I IMPLANTES DENTALES</b> .....	10
1.1.- Definición de implante dental.....	10
1.2.- Componentes del implante dental endóseo.....	10
1.2.1.- Cuerpo del implante.....	11
1.2.2.- Plataforma del implante.....	12
1.2.3.- Tornillo de cierre o de cobertura .....	13
1.2.4.- Tornillo de cicatrización o extensión transmucosa.....	14
1.2.5.- Pilar Protésico.....	15
1.2.6.- Tornillo higiénico.....	16
1.2.7.- Cofia de transferencia.....	16
1.2.8.- Análogo.....	17
1.2.9.- Cofia protésica.....	17
1.2.10.- Tornillo protésico.....	18
1.3.- Oseointegración .....	18
1.4.- Características de los tejidos periimplantares.....	21
1.4.1.- Mucosa periimplantar y sus diferencias .....	21
1.4.2.- Epitelio oral externo.....	22
1.4.3.- Epitelio del surco .....	22
1.4.4.- Epitelio de unión.....	22
1.4.5.- Tejido conectivo .....	23
1.4.6.- Sistema vascular .....	23
1.4.7.- Ancho biológico.....	24



---

1.5.- Características macroscópicas y microscópicas de los implantes.....	25
1.5.1.- Características macroscópicas.....	25
1.5.2.- Características microscópicas.....	26
1.6.- Diagnóstico.....	27
1.6.1.- Auxiliares.....	28
1.6.1.1.- Imágenes radiográficas.....	28
1.6.1.1.1.- Radiografía periapical.....	28
1.6.1.1.2.- Radiografía oclusal.....	29
1.6.1.1.3.- Radiografía ortopantomografía.....	29
1.6.1.1.4.- Tomografía computarizada.....	29
1.6.1.2.- Guías quirúrgicas.....	30
1.6.1.3.- Modelos de estudio .....	32
1.6.1.4.- Encerado diagnóstico.....	32
1.6.2.- Tipos de densidad ósea.....	32
1.7.- Indicaciones.....	35
1.8.- Contraindicaciones.....	35
<b>CAPÍTULO II SISTEMA CAD-CAM.....</b>	<b>36</b>
2.1.- Definición.....	36
2.2.- Evolución.....	36
2.3.- Componentes.....	44
2.3.1.- Diseño asistido por computadora (CAD).....	45
2.3.1.1.- Escáner.....	45
2.3.1.2.- Software de diseño.....	48
2.3.2.- Manufactura asistida por computadora (CAM).....	48
2.3.2.1.- Fresadoras.....	49



2.3.2.2.- Sinterización.....	51
2.4.- Clasificación de los sistemas CAD-CAM.....	57
2.5.- Usos .....	58
2.5.1.- Medicina.....	58
2.5.2.- Odontología.....	60
2.6.- Ventajas.....	66
2.7.- Desventajas.....	68

### **CAPÍTULO III ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA COLOCACIÓN Y REHABILITACIÓN DE IMPLANTES DENTALES.**

3.1.- Colocación de implante dental con sistema CAD-CAM.....	70
3.1.1.-Tomografía computarizada.....	73
3.1.2.- Planificación Digital .....	76
3.1.3.- Cirugía con guía digital.....	84
3.2.-Rehabilitación del implante dental con sistema CAD-CAM.....	87
3.2.1.- Fase de digitalización de la preparación .....	88
3.2.2.- Fase Diseño asistido por computadora (CAD).....	89
3.2.3.- Fase Manufactura asistida por computadora (CAM)...	93

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>96</b>
--------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>97</b>
--------------------------	-----------



---

## INTRODUCCIÓN

Los implantes dentales se han convertido en los últimos años en una opción de tratamiento para reemplazar los órganos dentales ausentes.

Debido a la creciente demanda para obtener tratamientos implantológicos de mejor calidad han surgido nuevas tecnologías como el sistema CAD (diseño asistido por computadora) CAM (manufactura asistida por computadora) que se ha perfeccionado desde su aparición en el campo de la odontología hasta la introducción en el área de la implantología, el cual ha favorecido la colocación de implantes y mejorado la calidad de las restauraciones, cumpliendo los criterios de los pacientes con una alta demanda estética y funcional.

Aún cuando el uso de CAD-CAM significa un alto costo para los pacientes, esta tecnología es una más de las opciones en el tratamiento de la implantología moderna, ya que ayuda a evitar problemas cuando se coloca el implante permitiendo que el software represente un modelo en 3D y así observar la proximidad de las estructuras anatómicas, para asegurar una buena colocación con guías digitales, este sistema permite simular la cirugía antes del procedimiento disminuyendo así cualquier tipo de complicación durante la cirugía.

El diagrama de flujo del sistema CAD-CAM muestra una serie de pasos que se deben seguir en la colocación del implante como: diagnóstico, tomografía computarizada, planificación digital CAD, guías quirúrgicas digitales, cirugía con guía digital y la rehabilitación con sistema CAD-CAM.



## OBJETIVO

Presentar un diagrama de flujo que abarca la planeación, diseño, colocación y rehabilitación de implantes dentales con el sistema CAD-CAM.



## **CAPÍTULO I IMPLANTES DENTALES**

En este capítulo se puntualizará, la definición de los implantes dentales, sus componentes, así como los métodos auxiliares de diagnóstico, indicaciones y contraindicaciones del tratamiento. Además de revisar conceptos básicos para la implantología como la oseointegración y la clasificación del reborde óseo donde se colocarán los implantes.

### **1.1.- Definición de implante dental**

El implante dental es un dispositivo aloplástico designado para ser insertado quirúrgicamente dentro del cuerpo humano .<sup>1</sup>

Otra definición de implante endoóstico, hace referencia a este como un material aloplástico aplicado quirúrgicamente sobre un reborde óseo residual, para que actúe como base para la rehabilitación protodóntica. Etimológicamente la palabra endoóseo proviene del prefijo endo que significa <dentro> y óseo <hueso>.<sup>2</sup>

### **1.2.- Componentes del implante dental endóseo**

La importancia de conocer los componentes, radica en saber las partes fundamentales del implante para poder entender cómo actúa el implante de titanio dentro del hueso. El manejo de los tejidos hasta la rehabilitación protésica del implante, para tener éxito en el tratamiento. <sup>3</sup>

### 1.2.1.- Cuerpo del implante

Es la porción del implante dental que se introduce en el hueso, generalmente con aspecto de tornillo macizo como lo podemos apreciar en la figura 1. El cuerpo del implante se divide en 3 porciones:

- 1) El cuerpo
- 2) El módulo crestal
- 3) El ápice

El cuerpo del implante es el que transmite las fuerzas en el hueso gracias a sus características biomecánicas. Donde se retiene la prótesis, se le conoce como módulo crestal y la parte final del cuerpo se llama ápice, que es el lugar más distal del implante con un aspecto romo.<sup>3</sup>



Figura 1 Cuerpo del implante constituido por tres porciones.<sup>3</sup>

## 1.2.2.- Plataforma del implante

La plataforma del implante es la unión que garantiza una precisión total contra la rotación de los componentes protésicos gracias al ajuste en ángulo recto entre el implante y el pilar. Se eligen el componente de impresión y los componentes protésicos según la plataforma del implante, los tipos de plataformas son:

A) Conexión externa la cual está en desuso por su alta fractura de su componente externo.<sup>4</sup>

B) Conexión interna la cual proporciona mayor resistencia a las fuerzas oclusales y es la más utilizada (Fig. 2).<sup>4</sup>

C) Cono morse es una sola pieza que se continúa con el cuerpo del implante formando un hombro, el diámetro del implante no es el mismo diámetro que el de la plataforma (Fig. 3), la función de la plataforma es aumentar la estabilidad y resistencia al aflojamiento del tornillo.<sup>4,5</sup>



Figura 2. Diagrama de plataforma interna del implante.<sup>5</sup>



Figura 3. Plataforma del implante tipo como morse en paciente.<sup>5</sup>

### 1.2.3.- Tornillo de cierre o de cobertura

Después de insertar el implante dental en el hueso, durante la fase quirúrgica se coloca un tornillo de cierre (Fig. 4), este tornillo se introduce sobre el implante a nivel de la cresta ósea, con el fin de evitar el crecimiento de tejido blando en el interior del implante o los residuos invadan la zona de conexión del implante.<sup>3,6</sup>



Figura 4. El tornillo de cierre permite el modelado de los tejidos blandos con la plataforma del implante.<sup>6</sup>

### 1.2.4.- Tornillo de cicatrización o extensión transmucosa

Tras haberse producido la oseointegración se realiza una segunda etapa quirúrgica en la cual se retira el tornillo de cierre (Fig. 5) y se coloca el tornillo de cicatrización, este tornillo permite fijar los tejidos al cuerpo del implante la función de la extensión transmucosa es cicatrizar el tejido blando, prolongar el cuerpo del implante sobre los tejidos blandos y permitir la conformación de la mucosa gingival con la plataforma del implante dando un sellado gingival para permitir el desarrollo de una interfaz de soporte con los aditamentos protésicos, y permitir una correcta higiene por parte del paciente.<sup>3</sup>



Figura 5. Tornillo de cicatrización de la segunda etapa, se fija al pilar del implante y permite que cicatrice el tejido blando.<sup>3</sup>

### 1.2.5.- Pilar protésico

Es la porción del implante metálico que sostiene o retiene la prótesis o la superestructura (es un armazón metálico que se ajusta a los implantes), según el método utilizado para que se sujete la prótesis del implante y se describen 3 pilares de implantes:

En la figura 6 se pueden observar los distintos tipos de pilares de prótesis utilizados para la rehabilitación de implantes:<sup>3</sup>

- A) Pilar atornillado que se usa para fijar la prótesis al cuerpo del implante.
- B) Pilar recto es para cementado, siendo hexagonal, este se usa para muñones y coronas unitarias.
- C) Pilar para retenedor o´ring que se utiliza en prótesis removible.<sup>7</sup>

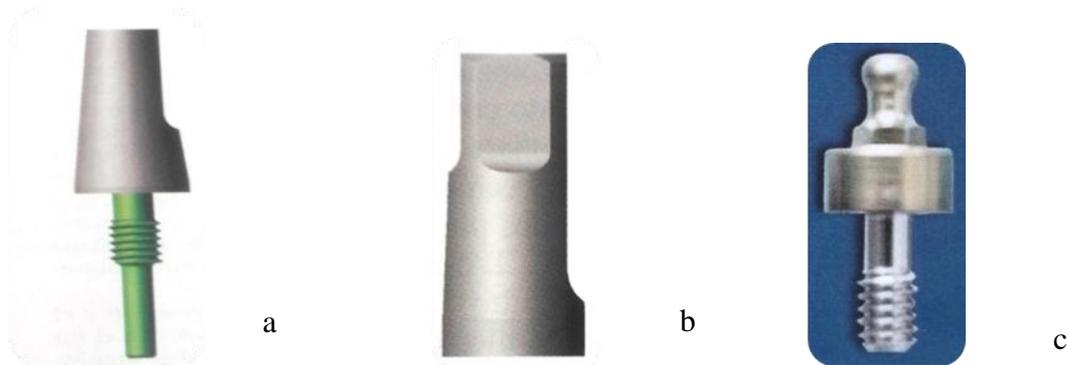


Figura 6. a) Pilar protésico de una pieza para ser atornillado b) Pilar recto para cementado c) Pilar para retenedor o´ring que se emplea con las prótesis removibles sostenidas por implantes.<sup>3,7</sup>

### 1.2.6.- Tornillo higiénico

Es aquel que se coloca por encima del pilar para evitar que desechos y el cálculo invadan la porción enroscada del interior del pilar, en la figura 7 podemos observar un tornillo higiénico que sirve como protección para el pilar durante la confección de la prótesis entre las citas de la fase protésica.<sup>3</sup>



Figura 7. Se muestra un diagrama del tornillo higiénico este se fija al cuerpo del implante y permite tener el cuerpo aislado de residuos.<sup>3</sup>

### 1.2.7.- Cofia de transferencia

Es un componente utilizado en la impresión definitiva, puede ser atornillada como lo vemos en la figura 8 y sirve como un molde para situar un análogo en la impresión, quedando definida por la parte del implante que se transfiere al modelo maestro.<sup>3,7</sup>



Figura 8. Cofia de transferencia metálica, individualizada para una prótesis atornillada.<sup>7</sup>

### 1.2.8.- Análogo

Un análogo es similar al cuerpo del implante, se utiliza en implantología para la conformación del modelo maestro, con el fin de hacer una copia de la porción retentiva del cuerpo (Fig. 9) una vez obtenida la impresión, el análogo se une a la cofia de transferencia, y el conjunto se vacía con yeso para obtener el modelo.<sup>3,7</sup>



Figura 9. El análogo se usa con la cofia de transferencia y se puede representar como un pilar atornillado para copiar el pilar.<sup>7</sup>

### 1.2.9.- Cofia protésica

Es un fino recubrimiento diseñado para encajar en el pilar implantado, sirve como unión del implante con la prótesis, es prefabricada, en la figura 10 se puede ver un ejemplo de la cofia protésica, estas pueden ser metálicas o plásticas, se usan para fabricar restauraciones unitarias atornilladas.<sup>3,7</sup>



Figura 10. Cofia protésica de plástico UCLA que sirve para confeccionar la prótesis.<sup>7</sup>

### 1.2.10.- Tornillo protésico

Es el aditamento protésico con el cual la prótesis se atornilla y se fija al cuerpo del implante con la ayuda de un desarmador (Fig. 11) esto evita que se introduzca alimento en la chimenea de la prótesis.<sup>3,5</sup>



Figura 11. En esta figura se puede observar la prótesis siendo sujeta con el uso de un tornillo protésico para poder fijar así la prótesis.<sup>5</sup>

### 1.3.- Oseointegración

Se define como una relación directa y funcional entre el tejido óseo sano y la superficie de un implante a nivel microscópico sometido a cargas masticatorias.<sup>8</sup>

El concepto de oseointegración nace en 1952, en un laboratorio de biología experimental en Suecia, el cual se trabajaba con estudios in vivo sobre la vascularización en lesiones producidas en la medula ósea del peroné del



conejo y se comprobó la oseointegración cuando las cámaras de titanio que se implantaron en la pata del conejo quedaron unidas al hueso.<sup>8</sup>

Ante este hallazgo se inició el estudio del comportamiento del tejido óseo frente al titanio. Iniciaron estudios en perros sobre el comportamiento de los tornillos de titanio en diferentes partes del esqueleto (cráneo, mandíbula, huesos largos) probando una verdadera oseointegración al cicatrizar. Estos trabajos ya se realizaban por la Universidad de Lund y el Laboratorio de biotecnología aplicada de la Universidad de Gotemburgo, Suecia. En 1965 se estandarizan los protocolos quirúrgicos (equipos de fresado) y de diseño para la rehabilitación del paciente totalmente edéntulos.<sup>9</sup>

Bränemark y su equipo de trabajo sugirieron el anclaje óseo (cicatrización ósea) (Fig. 12) y consiguieron describir las ventajas de la oseointegración, la implantología moderna surgió de la observación del hueso y su adherencia íntima con el implante. Bränemark observó que el hueso necesitaba un periodo de inmovilización para que se desmineralizara el hueso y otro para mineralizarlo, cuando no se da la oseointegración es debido a la presencia del tejido blando en el implante, por eso postuló los siguientes requisitos fundamentales para obtener la oseointegración.<sup>8,9</sup>

- ❖ La utilización de material biocompatible como el titanio que no provoca reacción de rechazo.
- ❖ Una técnica quirúrgica atraumática que permite reducir el trauma quirúrgico y térmico del tejido óseo, asegurando simultáneamente la

máxima precisión del lecho implantar con el intento de reducir al mínimo la brecha entre el implante y el hueso.<sup>9</sup>

- ❖ Una fase de cicatrización sumergida en los implantes para reducir al mínimo el riesgo de infecciones y de carga excesivamente precoz de los implantes.<sup>9</sup>



Figura 12. Diagrama de oseointegración de la relación implante hueso.<sup>8</sup>

La confirmación histológica del proceso de osteointegración de los implantes en titanio viene de las investigaciones del suizo André Schroeder y su grupo de investigadores. La utilización de nuevas técnicas de seccionamiento y fijación del hueso no descalcificado demostró contacto real entre la superficie del implante, el titanio y el tejido adyacente, denominado por Schroeder y de los colaboradores de Branemark permitieron el desarrollo del sistema implantar Bonelit ®.<sup>10</sup>



## **1.4.- Características de los tejidos periimplantares**

Los tejidos blandos periimplantarios dependen del sistema del implante, su posición y el procedimiento clínico o anclaje de la prótesis dental.

Los tejidos periimplantarios mejoran la estabilidad de las prótesis implanto mucosoportadas y evita la inflamación gracias a la presencia de mucosa queratinizada, protegiéndolo de bacterias y del trauma, además tiene una influencia sobre la estética, dándole volumen y el contorno gingival adecuado.<sup>11</sup>

### **1.4.1.- Mucosa periimplantar y sus diferencias**

El tejido blando periimplantar se llama mucosa periimplantar, sus características se establecen durante la cicatrización, es un tejido queratinizado firme de colágeno pegado al periostio o una mucosa no queratinizada que provee un sellado transmucoso contra irritantes bacterianos y estabilidad estructural para resistir el trauma mecánico, comúnmente que se encuentra en la cavidad oral.<sup>11</sup>

La mucosa periimplantar rodea la parte del pilar del implante, presentando adherencias entre la mucosa y el implante que comprende de un epitelio de unión de 2 mm de altura y una zona de tejido conectivo que mide menos de 1 mm y esto sirve para proteger la zona oseointegrada del ataque microbiano.<sup>12</sup>



### **1.4.2.- Epitelio oral externo**

Se presenta como una delgada capa de tejido queratinizado que provee protección a las fuerzas masticatorias y procedimientos restaurativos y de higiene oral.<sup>1,11</sup>

### **1.4.3.- Epitelio del surco**

Se forma alrededor del implante dental para protección inmunológica, tiene un rico plexo vascular que no presenta el potencial de las conexiones anastomosantes derivadas de los vasos del ligamento periodontal puede contribuir a la pérdida ósea marginal.<sup>1,11</sup>

### **1.4.4.- Epitelio de unión**

Los fibroblastos del tejido conectivo y de la mucosa aparentemente forman una unión biológica a la capa de óxido de titanio en la porción apical del implante, con una capa delgada de células y termina a 2 mm del margen gingival y 1.5 mm de la cresta ósea (Tabla 1). El epitelio de unión se une al titanio formando una interfaz entre las células epiteliales y el titanio; se caracterizan por la presencia de hemidesmosomas que ayudan a formar una lámina basal interna que actúa como un sellado biológico, el colágeno no se puede adherir al implante, formando un sellado que impide la llegada de las bacterias de la cavidad oral al tejido óseo.<sup>1,11</sup>



### **1.4.5.- Tejido conectivo**

A diferencia del tejido conectivo que rodea a los dientes el tejido conectivo del implante, tiene menor cantidad de fibroblastos y mayor cantidad de colágeno que se orientan de forma paralela u oblicua con respecto a la superficie de los implantes, esta disposición de las fibras ocasiona un sellado más lábil a nivel de los tejidos periimplantarios, los fibroblastos se encuentran mayormente en la zona adyacente a la superficie del titanio, cuando hay una pérdida de inserción se vuelve más vulnerable al ataque bacteriano (Tabla 1).<sup>12,13</sup>

La ausencia de ligamento periodontal tiene consecuencias clínicas importantes por lo que cualquier falta de armonía oclusiva tiene repercusión en la interfaz hueso-implante, además de la reducción a la sensibilidad, por lo que esta interfaz y su rigidez son aspectos biomecánicos predominantes en el mantenimiento y la intensidad de la carga. Así como la interfaz tejido blando-implante juega un papel importante en el mantenimiento a largo plazo de un nivel estable del hueso marginal.<sup>13</sup>

### **1.4.6.- Sistema vascular**

La mucosa periimplantar contiene menos vasos sanguíneos, presentando irrigación de los vasos de la mucosa periimplantar y del hueso limitando la ausencia del ligamento periodontal (Tabla 1). Se originan desde los vasos supra-periostios desde el exterior de la cresta ósea; dando las ramas de la mucosa supra alveolar y forma los capilares debajo del epitelio oral.<sup>13</sup>

### 1.4.7.- Ancho biológico

El ancho biológico se define como la suma de la altura del epitelio de unión 2 mm, el tejido conectivo supra crestal y el surco 1 mm consiste en un rango de 3 a 5 mm, se describe como la dimensión de los tejidos blandos que recubren a los dientes. El establecimiento adecuado del ancho biológico alrededor del implante es crucial para la salud de las estructuras periimplantares y pueden contribuir a la pérdida ósea marginal (Tabla 1).<sup>1,13</sup>

Estructura	Implante	Diente
Conexión	Anquilosis funcional oseointegración.	Cemento-ligamento-hueso.
Epitelio de unión	Hemidesmosomas y lámina basal (Zonas de lámina densa y sub lámina lúcida).	Hemidesmosomas y lamina basal (zonas de lámina lucida y lámina densa).
Tejido Conectivo	Solo dos grupos de fibras (paralelas y circulares), no se insertan a la superficie del implante con menor cantidad de colágeno y mayor cantidad de fibroblastos.	Tercer grupo de fibras: perpendiculares a la superficie dental con mayor cantidad de colágeno y menor cantidad de fibroblastos.
Vascularización	Menor perióstica.	Mayor, suprapariostica y del ligamento periodontal
Espesor biológico	3.08 a 5 mm.	2.04 a 2.91mm
Profundidad al sondeo	2.5 a 5 mm dependiendo de la profundidad del tejido blando.	3 mm en salud
Sangrado al sondeo	Menos fiable.	Más fiable

Tabla 1. Comparación entre tejido periodontal y periimplantar <sup>1</sup>



## **1.5.- Características macroscópicas y microscópicas de los implantes**

En este punto se analizarán las características macroscópicas y microscópicas de los implantes dependiendo de sus propiedades físicas y químicas.<sup>13</sup>

### **1.5.1.- Características macroscópicas**

La configuración macroscópica de los implantes se considera el diseño del implante la forma del cuerpo que puede ser cilíndrico, afilado, con forma de tornillo o enroscado, su longitud, su diámetro y su tipo de conexión.<sup>11,13</sup>

La mayoría de los implantes tienen una forma cilíndrica o cónica, los implantes cónicos permiten una mejor adaptación y trabamiento al hueso.<sup>11,13</sup>

Es la medida de la plataforma del implante a su ápice, esta característica es fundamental a la hora de la planeación, las longitudes de los implantes son de 8.5 mm, 10 mm, 11.5 mm, 13 mm y 15 mm, cuanto mayor es el implante mejor adaptabilidad.<sup>11,13</sup>

El diámetro es el calibre de la superficie del implante, el implante estándar es de 3.75 mm siendo el más usado, el diámetro pequeño es de 3.3 mm y el grande de 5 mm, los implantes se seleccionan de acuerdo al diámetro dependiendo las necesidades quirúrgicas y protésicas.<sup>11,13</sup>



La conexión del implante, es el medio por el cual el intermediario se encaja al implante, se divide en 3 tipos de diseño, hexágono externo en desuso por que favorecía la fractura del hexágono y creando aberturas en los márgenes,

el hexágono interno es el más usado por que tiene una superficie estabilizadora con ángulo de  $45^{\circ}$ , resistiendo la fuerza masticatoria y cono morse con paredes paralelas y con pequeño ángulo de 4 a  $8^{\circ}$ , ya que tiene un mayor potencial de trabamiento, así como un octágono interno que proporciona mayor resistencia.<sup>11,13</sup>

### **1.5.2.- Características microscópicas**

La configuración microscópica del implante se considera como características químicas y físicas. Algunos materiales no son adecuados para el implante porque tienen efectos secundarios tóxicos en las células. Algunos materiales son biocompatibles por que no provocan una reacción química y son pasivos hacia el proceso de cicatrización del tejido, es decir, no provocan reacciones adversas y promueven la cicatrización, inducen la aposición ósea en la superficie del implante de forma osteoconductiva, los investigadores se concentraron en las características de la superficie para obtener la aposición ósea, superficies biocompatibles, el titanio es un material muy reactivo que no se integra en los tejidos, sin embargo la oxidación instantánea de su superficie crea una capa de pasivación de óxidos de titanio que tienen propiedades tipo cerámicas lo que hace muy compatible con los tejidos. La naturaleza química de la superficie del implante se modifica de manera importante si se recubre esta superficie.<sup>7,11,13</sup>



Los fosfatos de calcio, sobre todo la hidroxiapatita, son materiales populares de recubrimiento debido a su parecido con el tejido óseo, los estudios in vitro, demostraron que la respuesta celular por los osteoblastos varía de acuerdo con la proporción entre el calcio el fósforo lo que favorece la formación de hueso, otras investigaciones apuntan al flúor en la superficie en la capa de titanio, la liberación de flúor inhibe la adhesión de proteoglicanos y glicoproteínas en la superficie de la hidroxiapatita dos macromoléculas que inhiben la mineralización.<sup>7,11,13</sup>

Las últimas características del implante son las micro asperezas como un aspecto predominante, suelen generar procesos de sustracción durante la fabricación. Los procesos de elaboración de un implante para obtener una superficie apropiada van desde el uso de las maquinas que se les denomina girado en los implantes de tornillo hasta el grabado ácido y recubrimiento de arena. Se desconoce el grado de micro aspereza ideal para la adhesión ósea, esto depende de la naturaleza química del implante.<sup>7,13</sup>

## **1.6.- Diagnóstico**

Dentro del diagnóstico el especialista debe corroborar que no haya datos de enfermedad periodontal, que no exista compromiso sistémico del paciente. Asimismo, se debe considerar si se va o no a hacer un aumento óseo y seleccionar la forma del implante, tomando en cuenta algunos factores importantes, como la cantidad y calidad del hueso disponible, tipo de reborde y las dimensiones de la cresta edéntula, además de tomar en cuenta los requisitos protésicos. El buen diagnóstico sirve para determinar estructuras potencialmente complicadas incluyendo senos, agujeros, canal mandibular y



conductos adyacentes. La colocación de Implantes es un procedimiento predecible y con una alta tasa de éxito si se realiza bien el diagnóstico preoperatorio.<sup>14</sup>

### **1.6.1.- Auxiliares**

Los auxiliares de diagnóstico proporcionan datos relevantes sobre las condiciones del paciente, en este apartado se ven las ventajas, desventajas para cada método auxiliar de diagnóstico.<sup>1,15</sup>

#### **1.6.1.1.- Imágenes radiográficas**

Las imágenes radiográficas se suelen considerar como la principal ayuda del diagnóstico clínico. La imagen radiografica preoperatoria de los sitios receptores para la colocación del implante es imprescindible, la radiografía es una imagen bidimensional y su eficacia depende de factores tales como la cantidad de tejido duro, el grado de definición, la distorsión de la imagen o falta de claridad, la superposición de las estructuras anatómicas, así como la cantidad de exposición a la radiación.<sup>15</sup>

##### **1.6.1.1.1.- Radiografías periapicales**

Las radiografías periapicales muestran de 2 a 4 dientes y el hueso alveolar circundante, una ventaja es que es económica y accesible, una de las desventajas es que puede sufrir distorsiones y es una imagen bidimensional.<sup>15</sup>



### **1.6.1.1.2.- Radiografía oclusal**

Son aquellas imágenes radiográficas intraorales adquiridas utilizando un equipo de rayos x dental convencional, la película se colocó en el plano oclusal, se utiliza en implantología con las guías quirúrgicas convencionales para saber si está bien orientado el futuro eje del implante, otra de sus indicaciones es la detección de caninos sin erupcionar odontomas o dientes supernumerarios y evaluación de fracturas, su desventaja es que la técnica es un poco compleja.<sup>15</sup>

### **1.6.1.1.3.- Radiografía ortopantomografía**

Es una herramienta de diagnóstico, imagenológico muy popular en odontología, se pueden diagnosticar enfermedades que destruyan la ATM y otras afecciones en los maxilares, senos maxilares, arcos cigomáticos y algunas otras estructuras anatómicas del tercio medio de la cara que abarca, la mandíbula, desde un cóndilo hasta su opuesto; en el maxilar desde la zona del tercer molar derecho hasta el tercer molar izquierdo. Una de sus grandes desventajas es el traslape de imágenes.<sup>15</sup>

### **1.6.1.1.4.- Tomografía computarizada**

Algunas veces una tomografía computarizada (TC) facilita la visualización de un área en tres planos y es un excelente medio para examinar los huesos, estas imágenes presentan cortes que superan a las radiografías panorámicas. Está indicada para evaluar la altura, el grosor y la textura de los maxilares antes de la colocación de implantes y la evaluación



posoperatoria de los implantes. Su principal desventaja es que es muy costosa.<sup>15</sup>

Los equipos de TC utilizan los rayos x para obtener imágenes o cortes, pero la película es susceptible a un gas, estos detectores miden la intensidad de haz de los rayos x que salen del paciente y la convierten en datos digitales que son almacenados y pueden ser manipulados por el ordenador. Esta información se transforma en escala de grises que representa atenuaciones tisulares, lo que permite la generación de una imagen visual que presenta un movimiento helicoidal. El desarrollo de la TC revolucionó la forma de diagnosticar por imagen, es una técnica digital que por medio de cortes tomográficos se puede analizar cada estructura, permite la diferenciación de tejidos blandos y duros, la TC fue inventada por Sir Hounsfield en 1972 ; la TC obtiene imágenes axiales de la anatomía del paciente, considerados como voxel y medidas llamadas unidades Hounsfield como por ejemplo el aire que tiene una medición de -1000 y el esmalte es de +3000 unidades Hounsfield, sus principales indicaciones son para determinar la densidad ósea y diferenciar los tejidos blandos, localizar estructuras importantes así como determinar hemorragias y valorar el espesor del hueso alveolar, las desventajas es que es un estudio altamente costoso.<sup>15</sup>

### **1.6.1.2.- Guías Quirúrgicas**

Una guía quirúrgica puede servir como mecanismo de medición en la radiografía, sirve para determinar la localización y dirección en la instalación de las fijaciones de los implantes y es utilizada durante el procedimiento quirúrgico, para identificar las posiciones de fijaciones de los implantes. Esta guía es importante para una colocación segura ayuda al cirujano a situar las



fijaciones del mejor modo posible, en relación con la restante dentición natural y los rebordes alveolares residuales, las guías proporcionan mejores resultados a la colocación del implante.<sup>16</sup>

La guía quirúrgica transparente se separa cuidadosamente del modelo que se utiliza como mecanismo de medición radiográfica durante el procedimiento quirúrgico. Puede colocarse la férula en el modelo de estudio para ayudar a decidir las localizaciones y direcciones de la colocación de las fijaciones. Una vez que se han determinado las posiciones, se realizan agujeros con la fresa en los lugares deseados de la guía quirúrgica. Pueden fijarse pequeñas bolas metálicas encima de dichos agujeros para su ubicación. La guía quirúrgica con las bolas metálicas aseguradas se insertan en la boca del paciente antes de realizar una ortopantomografía; el diámetro de cada bola de metal se mide y se compara con el de las bolitas de metal directamente en la ortopantomografía, estas dos mediciones crean una proporción equivalente al factor de distorsión de la ortopantomografía. Usando ésta se selecciona los lugares deseados de las fijaciones en la mandíbula.<sup>16</sup>

La altura del hueso en el área deseada se mide entre la superficie superior del canal alveolar inferior y el reborde del hueso crestral alveolar. Esta medición se multiplica por el factor de distorsión previamente calculado para obtener la altura real del hueso. Los segmentos posteriores son utilizados como anclaje para situar la guía durante la operación, su éxito depende de su colocación y su fijación.<sup>17</sup>



### **1.6.1.3.- Modelos de estudio**

El modelo de yeso que representa el área edentula con información adicional marcando el espesor de los tejidos blandos y con los modelos de estudio se determina la restauración final, reproducción positiva de la anatomía bucal del paciente edéntulo, la impresión mucostática no debe vaciarse antes de 20 min y después de 60 min, para eludir la pérdida de agua al hidrocoloide e impedir el fenómeno de sinéresis, y que el modelo de estudio sea apegado a la anatomía del paciente.<sup>17</sup>

### **1.6.1.4.- Encerado diagnóstico**

Este auxiliar de diagnóstico es desarrollado por el laboratorio, resulta sumamente útil para tener una visión previa del resultado final del tratamiento. Permite ver cómo se podrá construir una prótesis, sobre los dientes existentes y los implantes que se van a insertar, tomando en consideración las relaciones oclusales y la dirección de las fuerzas que se aplicarán sobre los pilares de los implantes. Con este método de diagnóstico es posible estudiar la colocación idónea de los implantes en relación con la carga masticatoria y las líneas de fuerza a través de las cuales se aplica la oclusión.<sup>17,18</sup>

### **1.6.2.- Tipo de densidad ósea**

En 1988 Misch propuso cuatro grupos de densidades óseas como se esquematiza en la (Tabla 2), donde se habla del tipo de hueso y la zona anatómica que involucra independientemente de la región de los maxilares

basándose en características macroscópicas del hueso cortical. El hueso cortical denso o poroso se encuentra en la superficie externa del hueso e incluye una cresta de un alveolo edéntulo. Las trabéculas gruesas y finas se encuentran en la cortical externa ósea y en la superficie crestal de un alveolo residual (Fig. 13). Estas estructuras macroscópicas se organizan desde la menos densa hasta la más densa.<sup>1,14,16,17</sup>

DENSIDAD ÓSEA	DESCRIPCIÓN DEL HUESO	ZONA ANATÓMICA
Tipo 1 (D1)	Cortical densa	Zona anterior mandibular
Tipo 2 (D2)	Cortical porosa y trabéculas gruesas	Zona anterior y posterior mandibular y zona anterior maxilar
Tipo 3 (D3)	Cortical porosa y trabéculas finas	Zona anterior y posterior maxilar, zona posterior mandibular
Tipo 4 (D4)	Trabéculas finas	Maxilar posterior

Tabla 2. Clasificación de Mich, donde muestra tipo de densidad ósea sus características de cada tipo de hueso y en qué zona la podemos encontrar con más frecuencia.<sup>14,16</sup>

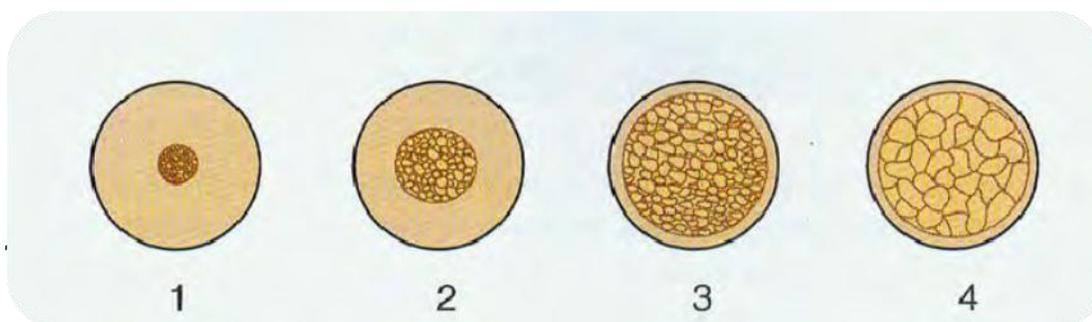


Figura 13. Diagrama de densidad ósea.<sup>1,16</sup>

## Clasificación de Cawood & Howell modificada (1991)

Cawood y Howell analizaron los patrones de reabsorción ósea y la clasificación fisiopatológica de reabsorción alveolar (Fig. 14).<sup>14,16</sup>

- ❖ Clase I : Pre extracción
- ❖ Clase II : Pos extracción
- ❖ Clase III : Reborde redondeado, adecuadas alturas y anchuras
- ❖ Clase IV : Reborde afilado, adecuada altura, inadecuada anchura
- ❖ Clase V : Reborde plano, altura y anchura inadecuadas
- ❖ Clase VI: Reborde deprimido con grados variables de pérdida de hueso basal que puede ser amplia pero predecible.

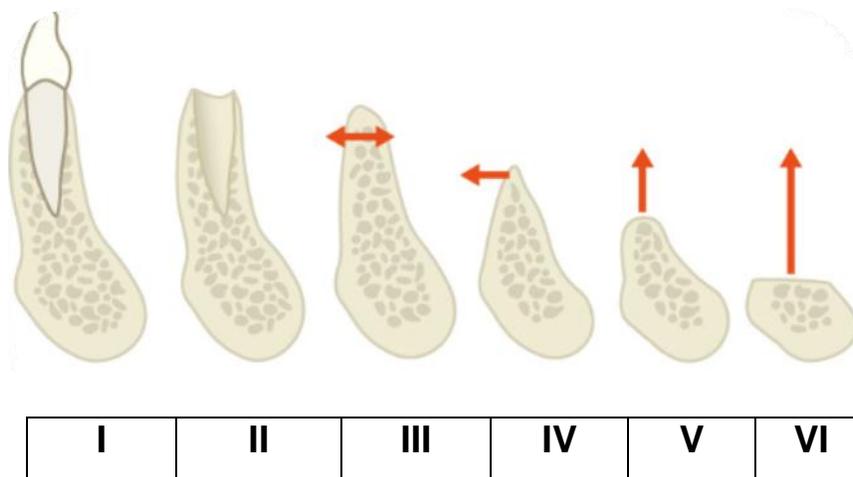


Figura 14. Diagrama de Cawood y Howell modificada.<sup>14</sup>



## 1.7.- Indicaciones

Se debe considerar que cualquier cirugía implica un riesgo para la salud. Para indicar un implante dental se debe valorar la capacidad cognitiva del paciente y el estado de salud en general. El implante dental está indicado cuando el paciente presente uno o más dientes ausentes y se encuentra fuera de los factores de riesgo para una mayor predictibilidad ya que de lo contrario la probabilidad de la oseointegración disminuirá considerablemente.<sup>1,16,19</sup>

La cirugía con implantes está indicada en aquellos pacientes que sus dientes remanentes tengan bajo valor protésico para poder anclar una prótesis removible a ellos, pacientes que buscan una prótesis fija, brechas muy largas o pacientes que no tengan buen control de la musculatura oral y sea difícil adaptar una prótesis total.<sup>19</sup>

## 1.8.- Contraindicaciones

Desde los inicios de la cirugía de implantes orales, se ha recomendado excluir o limitar a ciertos pacientes con volumen óseo inadecuado pacientes que usen bifosfonatos, que tengan movilidad de dientes adyacentes por la presencia de enfermedad periodontal activa, mala higiene oral, falta de hueso, tabaquismo, apertura bucal inadecuada, enfermedades crónicas, focos sépticos dentarios, radioterapia de cabeza y cuello, terapia anticoagulante por enfermedades cardíacas, patología de la mucosa oral, osteoporosis, hábitos para funcionales, diabetes no controlada, hipotiroidismo, trastornos alimenticios, estado nutricional.<sup>14,18</sup>



## **CAPÍTULO II SISTEMA CAD-CAM**

En este capítulo se puntualiza, la definición del sistema CAD-CAM, además de presentar los componentes que lo conforman, su evolución, sus principales usos en medicina y en algunas ramas de la odontología, así como sus ventajas y desventajas.

### **2.1.- Definición**

Las siglas CAD-CAM son un acrónimo de la lengua inglesa que hace referencia al diseño asistido por ordenador, el (CAD) cuenta con softwares de diseño gráfico esto permite que estudie y almacene la información espacial y geométrica, a través de una plantilla para obtener una visualización del diseño que se puede modificar en dimensiones como tamaño y forma. La manufactura asistida por ordenador (CAM), permite la estandarización en los parámetros de fabricación, incluye un control numérico disminuyendo el margen de error, las cerámicas utilizadas imitan el color dental.<sup>7,20</sup>

### **2.2.- Evolución**

El sistema CAD-CAM se introdujo en odontología hace más de 50 años con softwares muy primitivos, en la Tabla 3 se muestran los acontecimientos más imperativos de la evolución de esta tecnología en forma de línea de tiempo.<sup>21</sup>



Esta tecnología se fue perfeccionando poco a poco, gracias a los sofisticados programas de diseño siendo un avance de la ingeniería robótica, diseño gráfico y la investigación de biomateriales en los años 90, fue introducido en odontología. Siendo posible lograr restauraciones cerámicas parciales o completas diseñadas y procesadas desde un computador con este sistema, en los inicios se utilizaban técnicas de impresión convencionales para crear modelos de yeso que el laboratorio dental posteriormente escaneaba. Actualmente esto ha evolucionado dando paso a los nuevos escáneres y cámaras intraorales haciendo más fácil la digitalización de la información sin necesidad de hacer impresiones convencionales ni modelos de yeso.<sup>21</sup>

**AÑO**

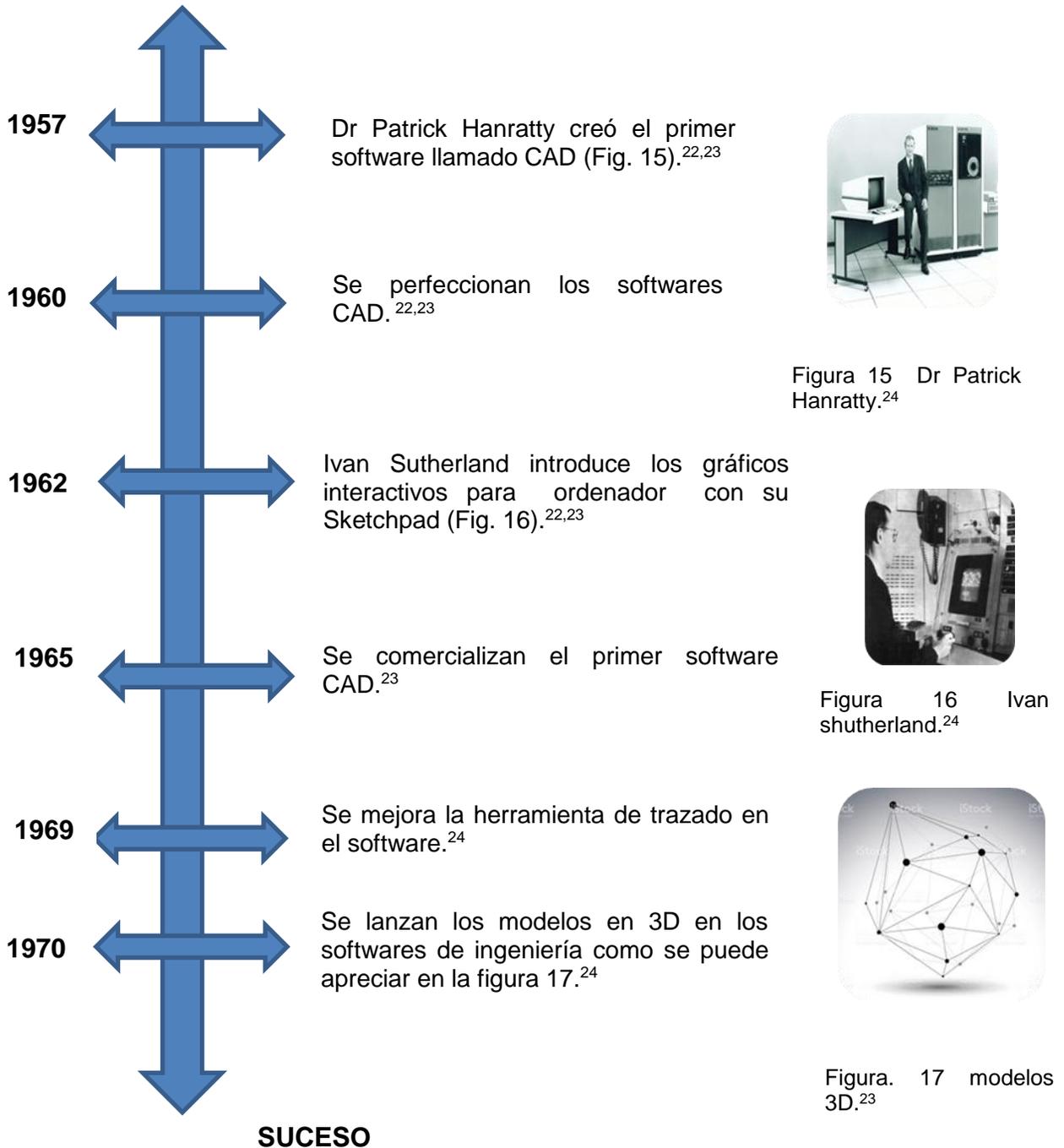


Tabla 3. Se presenta una línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM. (fuente directa)

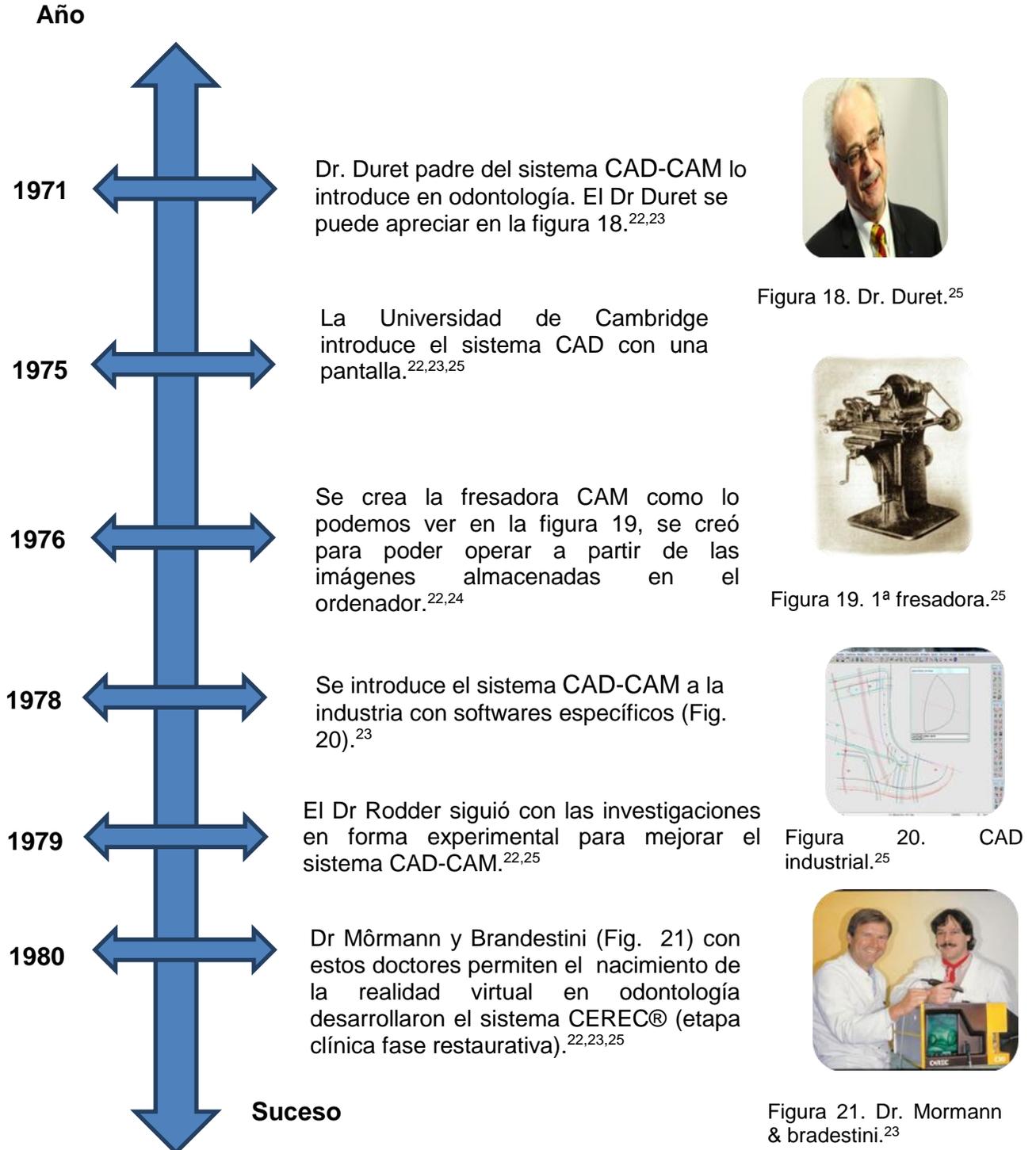


Tabla 3. Se presenta la continuación de la línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM. (fuente directa)

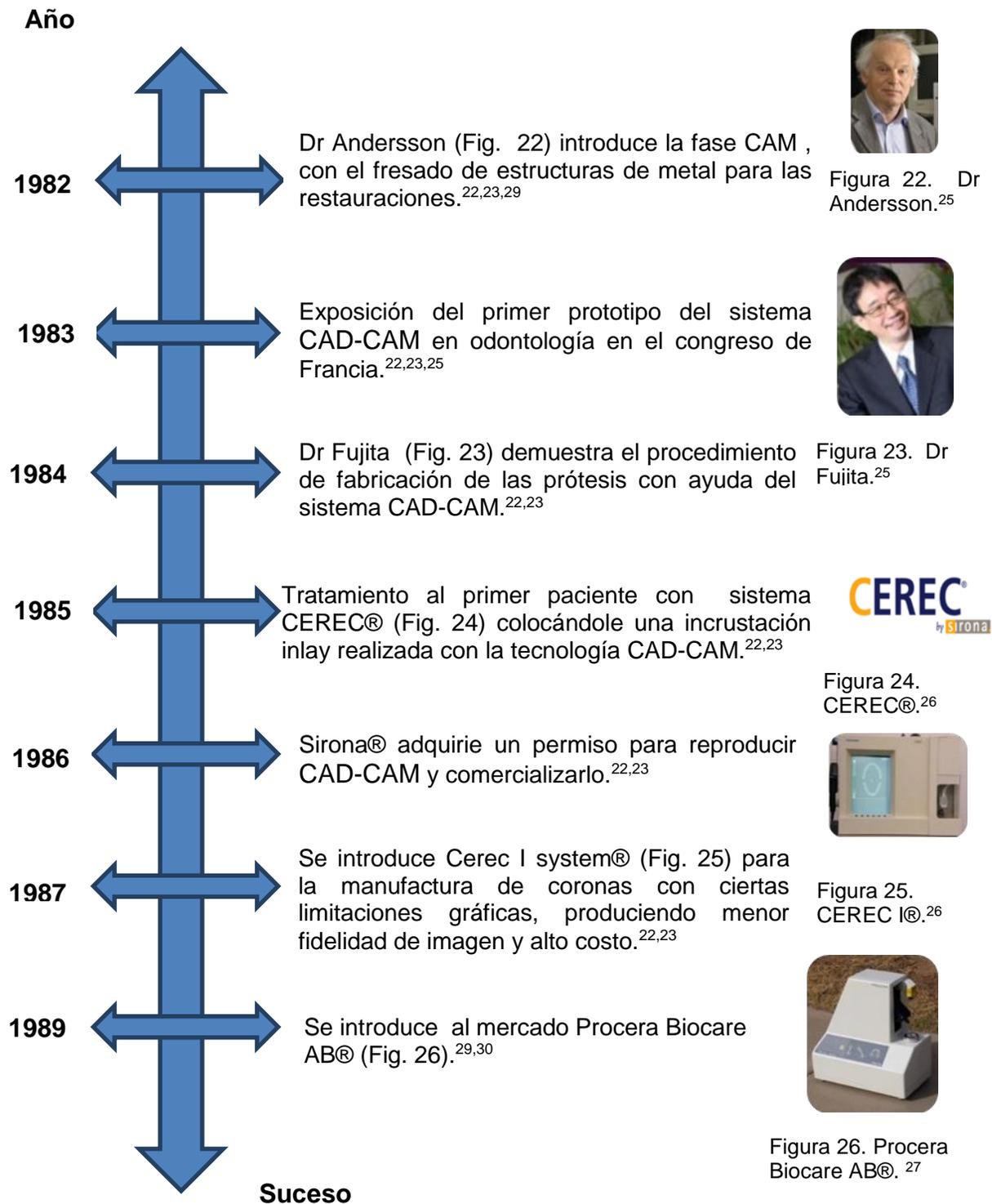


Tabla 3. Se presenta la continuación de la línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM. (fuente directa)

**Año**

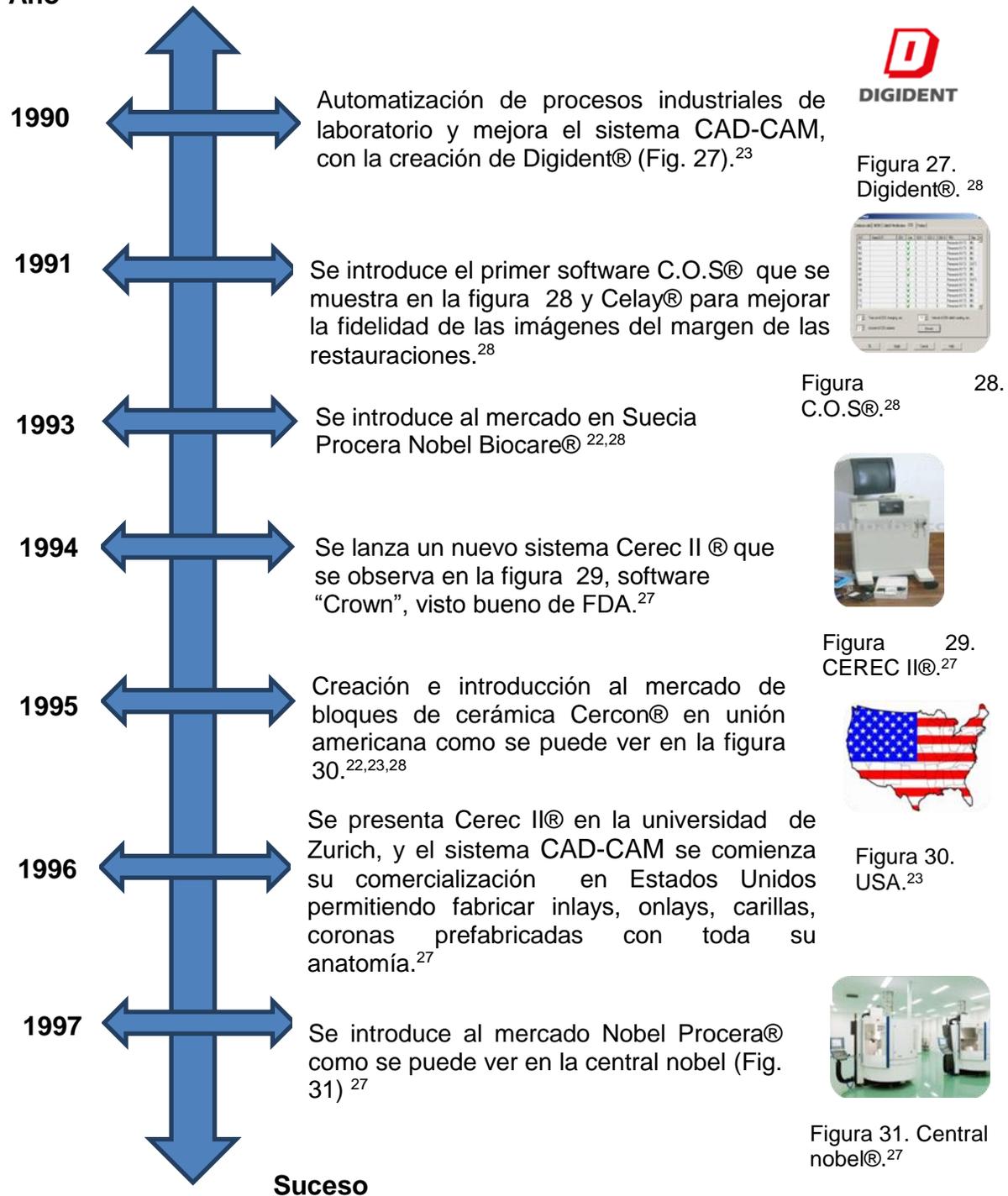


Tabla 3. Se presenta la continuación de la línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM. (fuente directa)

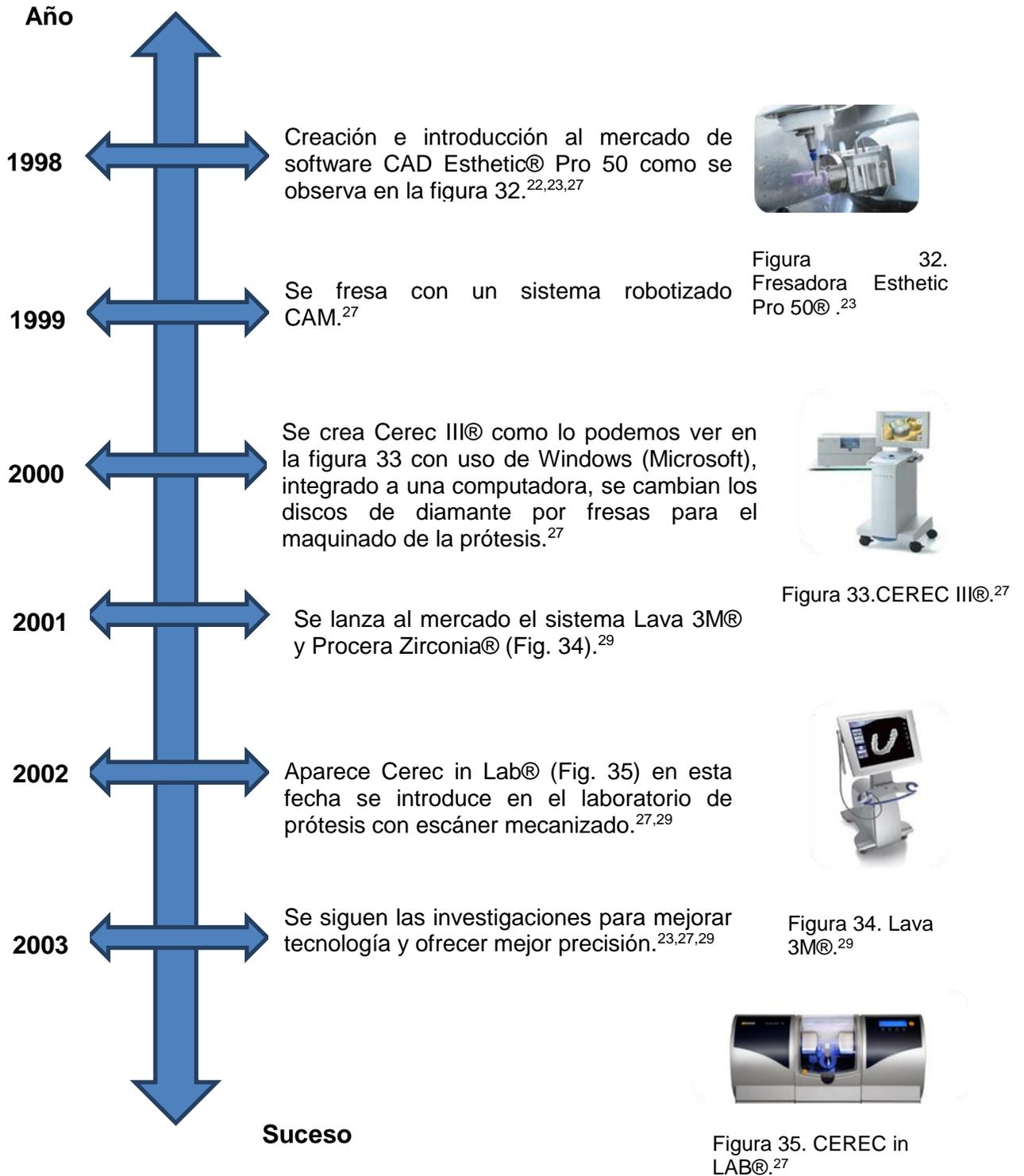


Tabla 3. Se presenta la continuación de la línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM. (fuente directa)

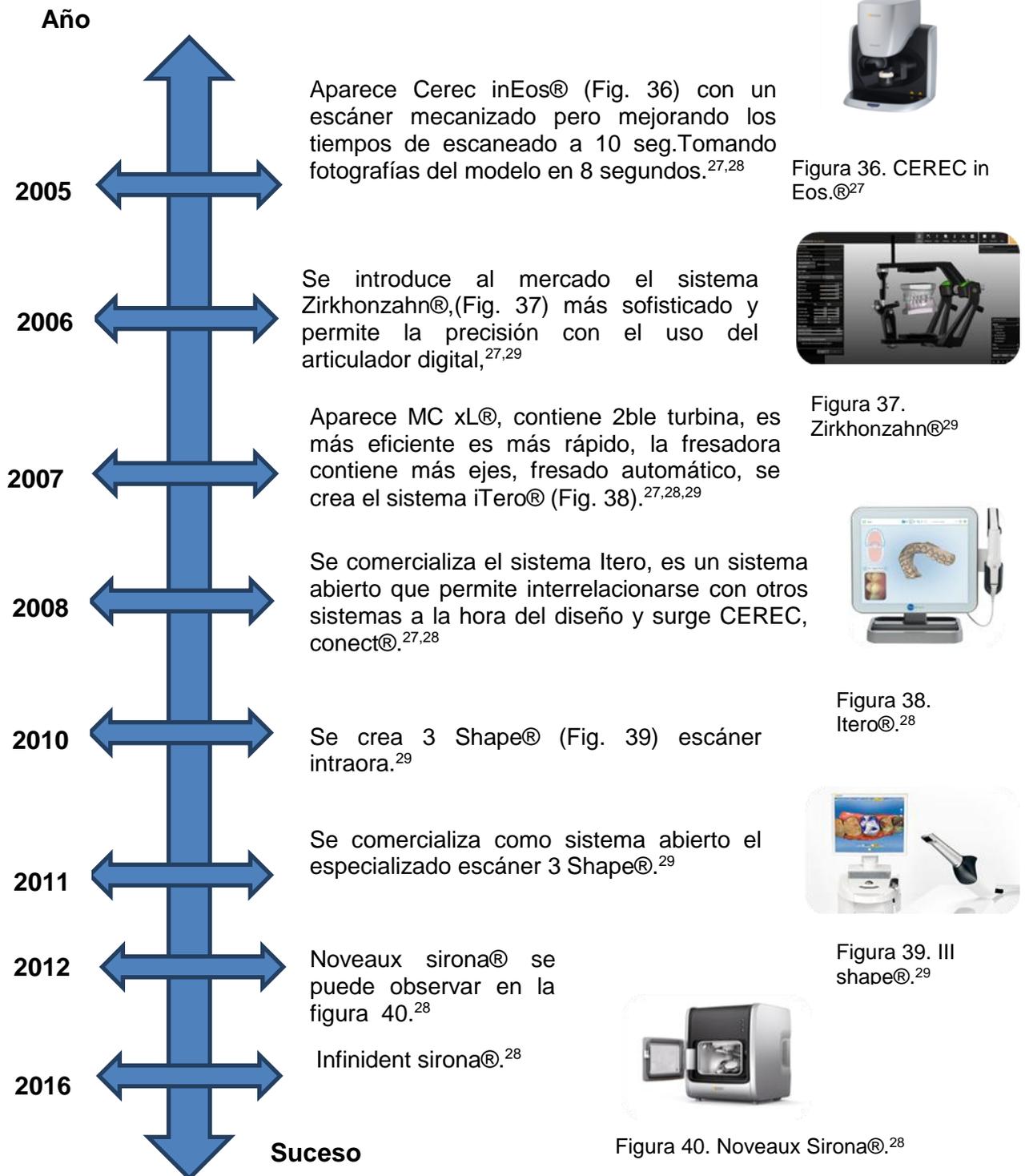


Tabla 3. Se presenta la continuación de la línea de tiempo de la evolución del sistema CAD-CAM hasta el 2012 y esta tecnología se sigue desarrollando. (fuente directa)

## 2.3.- Componentes

Todos los sistemas CAD-CAM constan de 2 componentes y 4 subcomponentes, los componentes y subcomponentes se puntualizarán esquemáticamente en la figura 41 y se describirá a continuación el uso del CAD-CAM tanto en la colocación del implante, como en prótesis.<sup>30</sup>

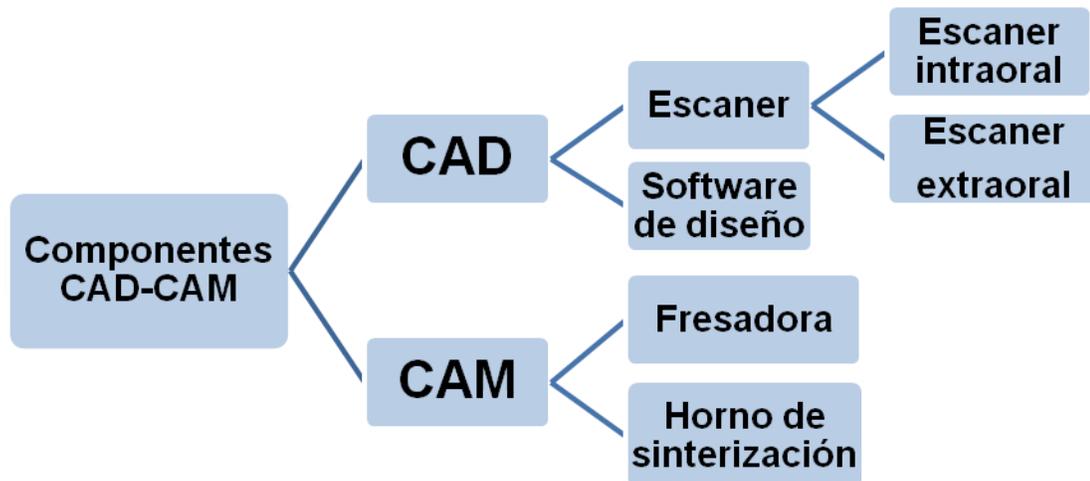


Figura 41. Componentes y subcomponentes del sistema CAD-CAM (fuente directa)



### **2.3.1.- Diseño asistido por computadora (CAD)**

El sistema CAD es una herramienta de digitalización que transforma la geometría de datos digitales y los procesa por la computadora a través de un software.<sup>31</sup>

Ejemplo:

- ❖ En la colocación del implante→ se utiliza la tomografía computarizada (TC) para la planificación y localización de las estructuras anatómicas adyacentes.
- ❖ En la rehabilitación protésica→ se utiliza el escáner intraoral para registrar la preparación de los componentes protésicos.<sup>30,31</sup>

#### **2.3.1.1.- Escáner**

El escáner intraoral llamado sistema T-Scan® del sistema CAD-CAM se obtienen un registro específico que determina la ubicación exacta de los contactos intermaxilares y se obtienen las fuerzas oclusales durante el tiempo del escaneado; el dispositivo T-Scan® se usa desde hace algunas décadas, el sistema ha sido mejorado a lo largo del tiempo para proyectar imágenes más nítidas.<sup>28</sup>

## Los tipos de escáner que existen para la digitalización

- A. Escáner óptico intraoral: La base de este tipo de escáner es obtener las estructuras tridimensionales a partir de un proceso llamado triangulación “active”, procedimiento por el cual el sensor del escáner capta la información, esto sustituye la impresión convencional este escáner presenta un íntimo contacto con las estructuras anatómicas intraorales como lo podemos observar en la figura 42, este escaneo se utiliza en la fase previa de colocación de implantes y en fase protésica asistida por ordenador. El escáner óptico genera una luz sobre la preparación que es proyectada para que el sensor del escáner capte la información dependiendo del ángulo de proyección y del patrón de sombras que se genera. El receptor del escáner registra el cambio de estas líneas y el computador calcula la correspondiente profundidad. La escala de profundidad en este procedimiento depende del ángulo de triangulación. Así, el computador puede calcular los datos tridimensionales de la imagen obtenida del receptor. Las fuentes de iluminación pueden ser proyección de luz blanca o cono láser dependiendo del sistema.<sup>27,28</sup>



Figura 42. Escáner óptico intraoral.<sup>27</sup>

B. Escáner mecánico: para obtener los datos digitales, es necesario lograr a través de una impresión convencional con las preparaciones dentarias, un modelo maestro que es leído por un sensor láser o bola de zafiro que utiliza diferentes diámetros según sea el caso como lo podemos ver en la figura 43. El registro de la superficie de yeso con este método puede ser afectado por la geometría del objeto, las irregularidades y el tamaño del sensor. Sin embargo, el patrón de la preparación dentaria es recorrido mecánicamente y leído por el zafiro línea a línea, recorriendo la estructura cada 200  $\mu\text{m}$  (micrones) en cada ángulo de rotación. La información se transmite al programa hasta conformar una imagen tridimensional. En promedio una preparación requiere 50.000 lecturas para una digitalización exacta.<sup>6,28,32</sup>

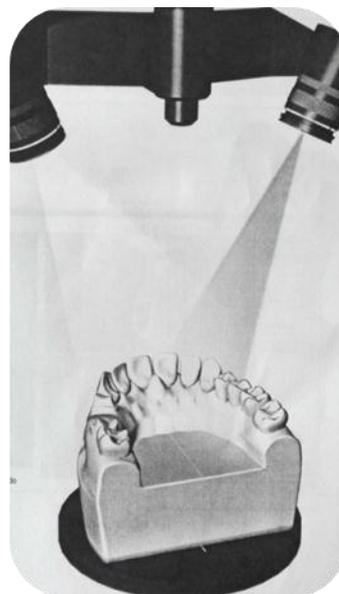


Figura 43. Escaneo mecánico angular con láser. <sup>6</sup>



### **2.3.1.2 Software de diseño**

Sirven para crear diseños estandarizados y protocolizados. Una vez que se obtienen los datos con tomografías o con la utilización de un escáner el software los traduce y los almacena para poder diseñar la prótesis y el implante sobre los datos que tiene en la biblioteca de su sistema del caso y esta información se envía a la central de producción.<sup>32,33</sup>

### **2.3.2.- Manufactura asistida por ordenador (CAM)**

El sistema CAM es el Software que maquina un conjunto de datos para fabricar el producto.<sup>32,33</sup>

Ejemplo:

- ❖ En la colocación del implante → Zenotec® CAD Implant programa de diseño donde se planea la colocación de los implantes.
- ❖ La rehabilitación protésica → Zenotec® CAD programa de diseño donde se diseña la prótesis final en bloques de zirconio.



### 2.3.2.1.- Fresadoras

Son aquellas maquinas que tienen un proceso estandarizado y controlado que se encarga de la manufactura de las prótesis. El equipo de maquinado es un robot que controla el procesado de la digitalización y la transformación de la información hacia objetos tangibles.<sup>30,32</sup>

Los equipos de procesado (fresadoras), se caracterizan por el número de ejes entre mayor número de ejes mayor complejidad del fresado, la calidad del fresado depende de la digitalización de la preparación del diseño y la producción.<sup>32</sup>

Una clasificación de las fresadoras se determina por los ejes que está compuesta la máquina.<sup>32</sup>

- ❖ Equipo de 3 ejes: Contiene 3 direcciones espaciales(x,y,z) en cada eje la fresadora se mueve para obtener la restauración, su giro es de 180°, poco desgaste menor tiempo de procesado, menor desgaste del equipo ejemplo Sirona in lab®.<sup>32,34,35</sup>
- ❖ Equipo de 4 ejes: x,y,z y eje a el cual puede girar innumerable veces y se puede ajustar el puente de la construcción de la restauración favoreciendo un desplazamiento vertical, reduce el tiempo de trabajo reduce el desplazamiento de la restauración y reduce el tiempo de trabajo ejemplo ceramil®.<sup>32,34,35</sup>

- ❖ Equipo de 5 ejes: x,y,z, rotación a y cuenta con un eje B este eje permite maquinar y diseñar geometría compleja con estructuras de varias unidades como puentes fijos con diversos pónicos y pilares. Ejemplo Kavo Everest®.<sup>32,34,35</sup>

Un ejemplo del producto de las fresadoras es:

- ❖ En la colocación del implante → se obtiene una guía quirúrgica en una impresora 3D
- ❖ En la rehabilitación protésica → cuando el diseño ya está listo se va a la unidad de fresadora con los datos específicos del diseño del software de la cofia, las fresadoras utilizan una serie de materiales específicos para poder ser fresados estos materiales se puntualizaran esquemáticamente en la figura 44, este fresado se hace con abundante irrigación para evitar quemar la cerámica y poderla recuperar.<sup>32,35</sup>



Figura 44. Materiales utilizados por las fresadoras de la fase CAM.(fuente directa)



### 2.3.2.2.- Sinterización

Es el proceso por el cual es sometida la cerámica para que sus partículas alcancen el mayor grado de cohesión y con ello obtengan una estructura química ordenada y con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, que le permita ser utilizada como restauración dental. Esto se logra gracias al calor. Los bloques utilizados para el maquinado se encuentran disponibles en dos modalidades, presinterizados que son bloques que se sometieron al calor, pero no el tiempo y la temperatura suficiente y bloques completamente sinterizados los cuales ya tienen las características deseadas se dividen en tres.<sup>35</sup>

#### 1. Maquinado con bloques presinterizados:

Estas cerámicas sobre bloques especialmente de zirconia-ytria con bajo grado de sinterización o presinterizado, alcanzan propiedades físicas de manera parcial, aunque al terminar por completo la sinterización de la cerámica presentan alto índice de contracción que varía entre 20 y 25 por ciento. Esta situación debe ser controlada por el programa de diseño y el maquinado de la estructura que al ser sinterizada obtendrá el volumen y dimensión deseada por el software. Como ventaja el material no absorbe agua, no es necesario emplear tiempo en el pre secado previo al sinterizado con ello las fresas para el maquinado sufren menor desgaste.<sup>32,35</sup>



## 2. Maquinado con bloques sinterizados:

Son bloques que han sufrido el proceso de cocción completo y por tanto de sinterización. Durante el maquinado de la restauración, las fresas de diamante o de carburo son irrigadas y protegidas por un rocío de líquido frío para evitar el sobrecalentamiento del bloque, el cual se encuentra totalmente sinterizado y con las características físicas y mecánicas adecuadas. Aunque se pueden utilizar diferentes cerámicas, la más utilizada de forma sinterizada es la de alto contenido en leucita.<sup>32,35</sup>

## 3. Sinterización de estructuras de zirconio:

Exclusiva para los bloques de zirconio, este proceso sólo debe llevarse a cabo en un horno compatible de alta temperatura. Se llena la bandeja de sinterización con máximo de 100 g de bolas de sinterización  $ZrO_2$  y se coloca la estructura en el centro; el programa de sinterización es automático para cada horno y tiene una duración aproximada de 8 hrs incluido el enfriamiento. La temperatura de sinterización es de  $1.500^{\circ}C$ .

Una vez finalizado el proceso de sinterización, se debe retirar la plataforma y dejar que las estructuras enfríen a temperatura ambiente antes de proseguir, de esta manera se logra una estructura con unas características mecánicas de resistencia a la flexión.<sup>32,35</sup>



Los bloques sinterizados son totalmente fresados, logran una forma real de la estructura dentaria, con una alta dureza pero esto también representa una desventaja como es: mayor tiempo de fresado y rápido desgaste de las herramientas que fresan. Otro método utilizado frecuentemente es con los bloques de alto contenido de leucita y de zirconio presintetizados, cuyo estado es sólido, poroso, menos duro pero resistente esto hace que sean más fáciles de fresar para la máquina fresadora.<sup>32,35</sup>

Los bloques sintetizados tienen un procedimiento, el cual después de la etapa inicial, la estructura tiene que ser sinterizada en un horno para alcanzar una mayor dureza y densidad del material, es acompañado por una contracción de la estructura en un rango del 20-30 por ciento, para compensar esta contracción, en el proceso de fresado, la subestructura se fresa a un tamaño y aumentado sus dimensiones, tomando en cuenta la futura contracción que sufrirá. El éxito de esta compensación numérica, depende de la composición y homogeneidad del bloque de zirconia y del proceso de fabricación de los bloques que utiliza cada fabricante.<sup>32,36</sup>

Lo anteriormente descrito, puede impactar directamente en el ajuste final de las restauraciones y es más crítico a medida que la rehabilitación se hace más larga. El procedimiento para la confección de un esqueleto de 3 piezas en la máquina, implica un tiempo promedio de fresado de unos 50 minutos.<sup>36</sup>

El proceso de sinterizado se realiza en un horno especial de forma automatizada, incluye fases de calentamiento y enfriado y dura aproximadamente unas 11 hrs.<sup>32,36</sup>



Todas las cerámicas dentales son inorgánicas, resistentes a la flexión y a la fractura, su naturaleza es refractaria y sus propiedades ópticas son la translucidez, las cerámicas tienen una matriz vítrea, ayudando a sus propiedades mecánicas, las cerámicas se clasifican según su método de fabricación.<sup>34,36</sup>

Las cerámicas vítreas más utilizadas en el proceso de sintetizado laser CAD-CAM son: IPS Empress CAD®, Vita Blocs Mark II®, IPS Emax CAD®, Vita in Ceram Al® y zirconio.<sup>34,36</sup>

La utilización de la zirconia y el uso de CAD-CAM en prótesis fija debe basarse en un correcto diagnóstico, seleccionando el caso clínico y verificar que el escáner este bien calibrado para poder obtener una imagen en tamaño real.<sup>36,37</sup>

Los principales sistemas de CAD-CAM son: <sup>26,27,28,29,31,37</sup>

- ❖ Cerec®
- ❖ Procera®
- ❖ Lava®

## Cerec®

Es el más reciente software lanzado por Sirona® que consta de 2 componentes como lo podemos ver en la figura 45, este sistema facilita la confección de la restauración e incluye un ajuste automático de la anatomía de la restauración, el software que utiliza Cerec® es más ilustrativo, tiene funciones automáticas y puede ser un tratamiento predecible, el operador puede girar totalmente las imágenes, se pueden capturar varias imágenes de un sitio de la restauración, manipular la preparación y la restauración previa a la confección, es muy realista este software que proporciona datos muy fiables, fáciles y precisos.<sup>26</sup>



Figura 45. Componentes y subcomponentes del sistema CAD-CAM de la marca comercial Cerec®.<sup>26</sup>

## Procera Nobel Biocare®

Ocupa un escáner óptico de contacto como lo podemos ver en la figura 46, convierte la imagen en 3D, el software Procera® diseña la estructura, utiliza el zirconio y la alumina, los datos del software se envían a una central de producción y se devuelve para ser terminada con una cerámica de baja fusión y se entrega al odontólogo.<sup>27</sup>



Figura 46. Componentes y subcomponentes del sistema CAD-CAM de la marca comercial Procera Nobel Biocare® .<sup>27</sup>

## Lava®

El centro de producción incluye un escáner laser sin contacto como se muestra en la figura 47 una máquina de fresado, y su propio software CAD, las preparaciones deben estar con los ángulos redondeados para que el escáner lo pueda reconocer, la máquina de fresado diseña estructuras alargadas, considerando la contracción, dura aproximadamente el fresado 30-35 minutos por unidad, posteriormente se lleva al horno para ser sinterizada.<sup>29</sup>



Figura 47. Componentes y subcomponentes del sistema CAD-CAM de la marca comercial Lava® y unas muestras de copias protésicas producidas por el mismo sistema .<sup>29</sup>

## 2.4.- Clasificación de los sistemas CAD-CAM

Los sistemas CAD-CAM se dividen en dos: sistemas cerrados y sistemas abiertos.<sup>38</sup>

Se considera un sistema cerrado cuando el odontólogo o el técnico dental tienen que adquirir todo el sistema de un mismo fabricante, los archivos sólo son modificables con un tipo de software de una casa comercial en específico, quien tendrá las especificaciones concretas y no compatibles con ningún aditamento de otro fabricante.<sup>32,38</sup>

Un sistema abierto es aquel sistema compatible con diferentes casas comerciales donde se puede integrar distintos elementos de diferentes fabricantes, algunos sistemas son abiertos pero no aceptan bloques de zirconio de otra marca, la razón por la cual el fabricante pone sus limitaciones.<sup>32,38</sup>



## 2.5.- Usos

Se han realizado numerosos estudios de la aplicación de la tecnología CAD-CAM que ha venido a revolucionar y a comenzar con una nueva era de procedimientos en todos los campos de medicina, un ejemplo de estos es en el área de neurología y otorrinolaringología, en el área de odontología se pueden hacer procesos como el aumento del reborde maxilar utilizando la tomografía (3D TC), el diseño y fabricación asistida por computadora.<sup>39</sup>

### 2.5.1.- Medicina

En neurocirugía se han hecho estudios, del uso de CAD-CAM en procedimientos como craneoplastia y craneotomías como en la figura 48; en los procedimientos de craneoplastias se colocó un implante de titanio ofreciendo una restauración completa de la bóveda craneal y permitiendo un buen cierre de defectos para prevenir las secuelas de los defectos óseos. Los implantes de craneoplastia de titanio preformado, proporcionan una recuperación exitosa a nivel neurológico.<sup>40</sup>

Otro de los estudios publicados en neurología menciona la técnica CAD-CAM en deformidades craneales permitiendo reconstruir el cráneo. Esto debe incluir algoritmos para reconstruir un contorno deprimido que cubra el defecto del cráneo.<sup>40</sup>

Los implantes aloplástico derivados de CAM se basan en un modelado tridimensional 3D muy preciso de CAD y por lo tanto, es muy importante establecer una reconstrucción CAD-CAM simétricamente regular los

resultados estéticos de los modelos CAD con contornos regulares son muy buenos.<sup>40</sup>

En otorrinolaringología y en cirugía plástica el uso de CAD-CAM ha sido utilizado en pacientes con deformidad completa de tejidos maxilofaciales y defectos nasales de gran tamaño creado por quemaduras químicas, se creó una prótesis nasal con esta tecnología con una subestructura de resina acrílica modificada de poliamida que actúa como esqueleto para su retención. La nariz es la parte central de la cara y constituye la proyección más prominente en la geometría facial.<sup>40,41</sup>



Figura 48. Prótesis craneal de CAD-CAM de un procedimiento de craneoplastia.<sup>40</sup>



## 2.5.2.- Odontología

El uso de la tecnología de CAD-CAM ha venido a revolucionar a la odontología moderna y se usa en muchas especialidades. Este sistema ha sido un foco de atención dental, ya que se ha investigado para minimizar el error durante los tratamientos dentales, esta tecnología es muy utilizada principalmente en prótesis fija y en prótesis sobre implantes, una forma de producir restauraciones con cerámicas de alta resistencia.<sup>42</sup>

En el caso de ortodoncia el diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador CAD-CAM, se ha utilizado para el diagnóstico y los modelos digitales son aceptables para la obtención de mediciones para fines de diagnóstico, la planificación y el tratamiento, creando aparatología de ortodoncia lingual de auto ligado individualizado, los arcos hechos por el sistema CAD-CAM están en los recientes avances de esta especialidad figura 49, uno de sus principales objetivos al utilizar esta tecnología en los tratamientos de ortodoncia son mejorar la reproducibilidad, eficiencia y calidad favoreciendo y acortando las fases de alineación dental permitiendo terminar el tratamiento con mínimas citas de cambio de arco, potencializando el resultado y minimizando el error; una de sus principales desventajas de esta tecnología es: su elevado costo, se debe tener un previo entrenamiento, la aplicación de este sistema con el uso de la aparatología diseñada por ordenador, no en todos los casos se puede utilizar; la tecnología ortodóntica está mejorando rápidamente, y la incorporación de CAD-CAM ha sido aceptada para esta especialidad.<sup>43</sup>

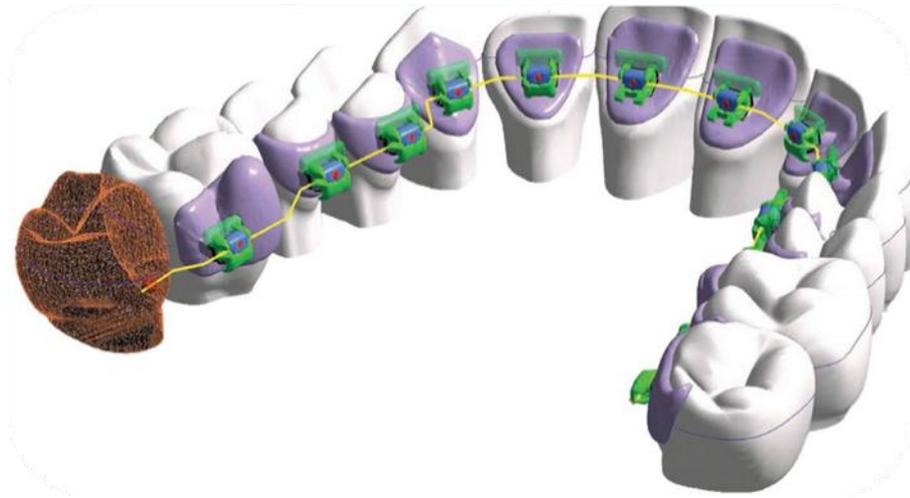


Figura 49. El diseño asistido por ordenador en el caso de ortodoncia.<sup>43</sup>

En el caso de endodoncia el uso de CAD-CAM se limita a la microcirugía, a través de las guías quirúrgicas, que utiliza la tomografía computarizada y el diseño asistido por ordenador y el procesamiento de fabricación asistido por computadora. Se realizó un estudio donde se introdujo la guía quirúrgica en la cirugía periapical, se utilizó la tomografía computarizada y el diseño asistido por computadora para comparar la exactitud del acceso apical, utilizando la guía contra un método convencional, se sugirió que el uso de la guía favorece la precisión durante la cirugía endodóntica. Con una guía quirúrgica CAD-CAM aumentaría las ventajas de este tratamiento y se puede visualizar mejor las estructuras adyacentes antes de la cirugía.<sup>44</sup>

En el caso de la especialidad de maxilofacial la aplicación de la tecnología CAD-CAM, junto con las imágenes médicas 3D para la planificación quirúrgica virtual y la reconstrucción cráneo maxilofacial como lo podemos

observar en la figura 50, cuando se va a sustituir el segmento de los maxilares, este sistema ha ido ganando cada vez más atención. Ya que el uso de CAD-CAM mejora la previsibilidad de la planificación y los resultados de la cirugía.<sup>45,46</sup>

Este modelo digital en 3D puede ser manipulado para ser visto desde todos sus ángulos, el sistema CAM como una máquina estereolítica para construir modelos físicos de la anatomía del paciente, al realizar la cirugía virtualmente, el cirujano puede optimizar las diversas opciones quirúrgicas y el paciente tiene la oportunidad de visualizar la complejidad del proceso quirúrgico.<sup>45,46</sup>

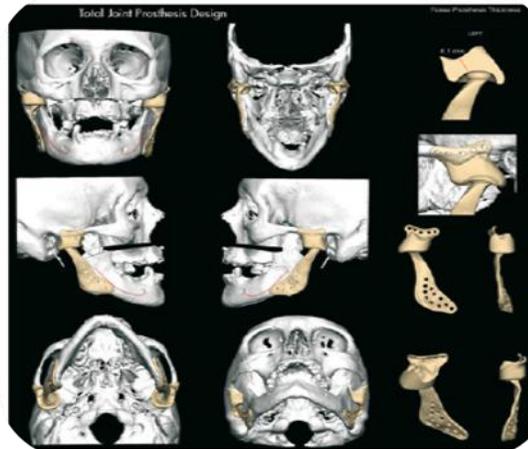


Figura 50. Modelo reconstruido en 3 D con el sistema CAD-CAM de un cráneo utilizado en cirugía maxilofacial y la zona condilar va a ser implantada en el paciente.<sup>46</sup>



## Prótesis

En la actualidad la evolución, los cambios en las técnicas protésicas y los materiales se ha dado con el objetivo de buscar mejores restauraciones, hoy en día los pacientes demandan más en términos de estética, función y comodidad.<sup>47</sup>

La interacción de distintas disciplinas odontológicas tiene como objetivo común la rehabilitación protésica multidisciplinaria, la planeación de un tratamiento puede empezar por la visualización del resultado final, solicitando la interacción de diferentes especialidades para lograr un resultado exitoso. En el caso específico de prótesis durante el proceso de prefabricación de las copias mediante unos criterios preestablecidos y con la ayuda del sistema CAD-CAM, la estética mejorará y no sólo se limita a la forma, tamaño y color del diente como se puede observar en la figura 51 desde un punto multidisciplinario es importante considerar preservar y recuperar la armonía dentogingival.<sup>5,42,47</sup>

Gran parte de la utilización dental de la tecnología CAD-CAM se ha centrado en las coronas y prótesis parciales fijas.<sup>42,47</sup>



Figura 51. Cofias elaboradas sobre implantes a través del sistema CAD-CAM.<sup>5</sup>

Son las cerámicas a base de silicatos ejemplo felpespalticas y aluminosas; el método convencional de elaboración, necesita de la presencia de un laboratorio, un buen modelado, tiempo de cocción y una confección exitosa de la prótesis, sin embargo el avance de la tecnología en odontología nos permite tomar una imagen mediante un escáner y digitalizarla, se puede diseñar a través del ordenador (CAD) y de una máquina fresadora podemos obtener la rehabilitación (CAM) en una sola sesión y reducir el tiempo de trabajo, mejorar el sellado periférico de la prótesis. <sup>48</sup>

Además, es una técnica aplicada que permite realizar restauraciones dentales con el apoyo computacional en cuestión del diseño y un sistema de fresado automático que produce la prótesis, sin la necesidad de modelar, es un método rápido, preciso y fiable para realizar las rehabilitaciones sobre implantes así como en muñones de dientes naturales, reduciendo el margen de error del laboratorio. En general todas las coronas realizadas con el sistema CAD-CAM (CEREC)<sup>®</sup> tienen un sellado periférico exitoso, y la resistencia mecánica a la fractura es muy superior contra una cerámica convencional. <sup>48,49</sup>



Las dos técnicas que se utilizan en implantología para la toma de impresión, para la rehabilitación del implante, para lograr la exactitud del diseño y angulación con el sistema CAD-CAM, son de técnica de cubeta abierta, cerrada o por escáner.<sup>49</sup>

## **Implantología**

La técnica de CAD-CAM demostró ser fiable para evaluar los maxilares, la densidad y la micro arquitectura ósea, cómo ver estructuras importantes, como el canal del nervio, sin embargo la decisión final sobre la seguridad de la carga inmediata de la restauración de CAD-CAM se evalúa en el momento de la cirugía por el operador y se considera la estabilidad del implante primario, uno de los puntos más importantes en este sistema es la guía quirúrgica estereolitográfica, Se imprime de acuerdo con la posición establecida del Implante, que fue simulado en el hueso alveolar en el proceso CAD, la estabilidad del implante primario es el factor clave para restauración y es obvio que se debe prestar atención a la cantidad y calidad del hueso local durante la fase prequirúrgica, fase de planificación, además, la evaluación de la densidad ósea codificada por colores permite al clínico establecer una perforación individualizada, El uso de un abordaje quirúrgico guiado a través de una simulación computarizada permite la colocación del implante con una precisión del 98% aproximadamente (Fig. 52).<sup>43,49,50</sup>



Figura 52. Diseño asistido por computadora de implantes, reconociendo la anulación de los implantes con relación a la futura restauración.<sup>50</sup>

## 2.6.- Ventajas

Entre los beneficios que podemos mencionar al usar este sistema cuando se realiza una cirugía asistida por ordenador y una restauración son:

El planear la posición del implante antes de la cirugía, mejorando la exactitud y seguridad a la hora de la colocación por la información obtenida a partir de la tomografía arrojando datos de alta precisión, mantener el criterio y la experiencia del cirujano permitiéndole tratar casos con mayor comodidad; este sistema proporciona información en tiempo real y espacio, además se pueden hacer simulaciones en 3D durante el trasoperatorio, este sistema visualiza las estructuras anatómicas más complejas, tomándolas en cuenta en el diseño del plan del tratamiento, reduciendo iatrogenias y el tiempo quirúrgico, se confeccionan prótesis con alta durabilidad, previsibilidad y precisión (Fig. 53).<sup>51</sup>



Figura 53. Organizador gráfico con las principales ventajas del sistema CAD-CAM. (fuente directa)



## 2.7.- Desventajas

Una de las desventajas del CAD-CAM es que el modelo 3D generado por el escáner depende de la sensibilidad y la calibración correcta de los sensores para generar una imagen real y no distorsionada, evitando obtener datos falsos que provoquen alteraciones en la planeación digital.<sup>49,51</sup>

El costo de la cirugía guiada y la rehabilitación a través del sistema CAD-CAM es muy elevado ya que se requiere de equipo especializado.<sup>13</sup>

Otra de las desventajas es que el personal debe tener un entrenamiento previo para poder utilizar esta tecnología, y no todos los casos se pueden tratar con CAD-CAM, además se debe tener una buena comunicación con el centro de producción figura 54.<sup>13,52</sup>



Figura 54. Organizador gráfico con las principales desventajas del sistema CAD-CAM. (fuente directa)



## **CAPÍTULO III ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA COLOCACIÓN Y REHABILITACIÓN DE IMPLANTES DENTALES.**

En este capítulo se revisará la planificación digital del sistema CAD-CAM a través de un diagrama de flujo es la representación gráfica que explica los procedimientos de una secuencia de ideas paso a paso del sistema CAD-CAM donde se puntualiza una serie de pasos para la colocación y rehabilitación protésica del implante, mediante un ordenador, digitalización, y la manufacturación de guías quirúrgicas para la colocación del implante.

### **3.1.- Colocación del implante dental con el sistema CAD-CAM**

Se realiza un diagnóstico inicial y una selección del caso, el cual incluye: cita con el paciente donde se realiza el examen clínico, examen radiográfico, escaneo intraoral o toma de impresión digital que es el método por el cual se logra un registro tridimensional de la preparación dentaria a través de un escáner puede ser óptico o mecanizado; esta es la herramienta del sistema que se encarga de obtener la información proporcionando una "impresión óptica", de los dientes adyacentes y registros oclusales que serán procesados y transformados en datos digitales para obtener la estructura o restauración diseñada por ordenador. El registro puede obtenerse de forma intraoral sin necesidad de tomar impresiones de la preparación, proporcionando los datos al software. Actualmente depende del sistema que se utiliza, se selecciona el tipo escáner.<sup>6,53,74</sup>



---

Una vez que se obtienen todos estos datos, se cita al paciente se le explica el tratamiento planeado, así como los costos, además se le debe advertir de los riesgos y los beneficios del procedimiento, los cuales deberán estar por escrito porque el paciente debe firmar un consentimiento informado previo al procedimiento (Fig. 55).<sup>6,52,53</sup>

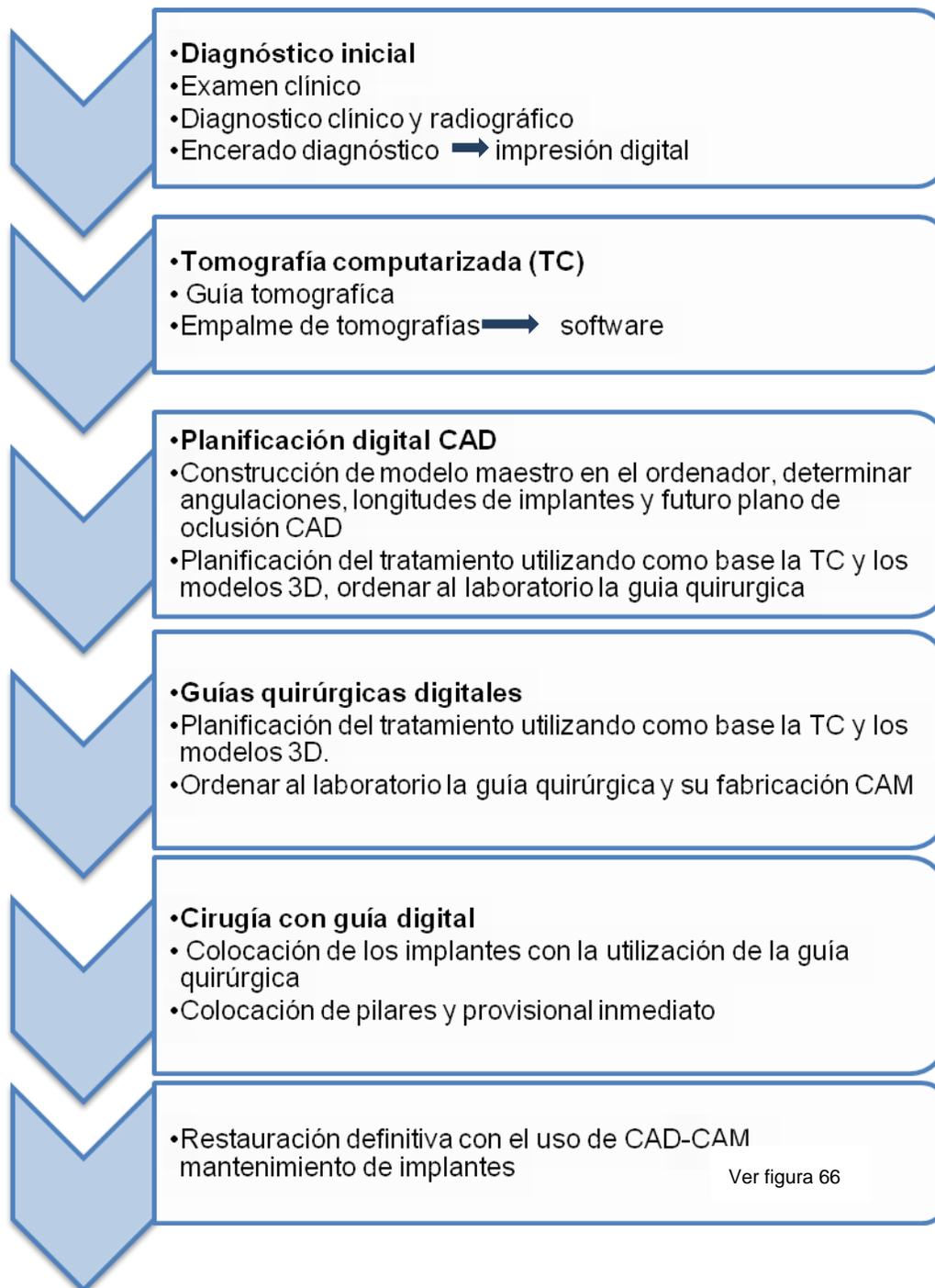


Figura 55. Diagrama de flujo de la colocación de los implantes a través del sistema CAD-CAM.<sup>52</sup>

### 3.1.1.- Tomografía Computarizada (TC)

Se fabrica una guía tomográfica a partir de un encerado diagnóstico, si el paciente es portador de una protodoncia total, se verifica que exista una buena adaptación de la prótesis ya que la podemos tomar como la guía tomográfica, siempre que la prótesis no se desplace y exista un buen ajuste interoclusal, que asiente bien y tenga un correcto ajuste.<sup>6,54</sup>

Una vez confirmado el ajuste, se colocan unas marcas con gutapercha o algún material radiopaco las cuales sirven para ubicar espacialmente las prótesis y las estructuras anatómicas (Fig. 56 a). Se realiza un registro de mordida hecho con silicona ligera como se puede ver en la (Fig. 56 b) las prótesis con el mismo registro de mordida.<sup>6,54</sup>



Figura 56.a. Protésis superior con demarcaciones de gutapercha, b demarcaciones con gutapercha en la protésis del paciente y prueba interoclusal.<sup>6</sup>

A través del desarrollo de las tomografías computarizadas y se realiza una guía tomográfica en el prototipo Nobel Guide® prevé un doble escaneo de los datos obtenidos de las tomografías realizadas a los pacientes se ejecutan dos escaneos.<sup>50</sup>

- ❖ La primer TC se realiza con un escaneo del paciente con la guía que tiene el índice radiográfico (gutapercha) en la cavidad oral; este escaneo es fundamental para poder realizar una plantilla CAD-CAM (Fig. 57 a).<sup>6,54</sup>
- ❖ La segunda TC se realiza únicamente a la guía tomográfica (Fig. 57 b).<sup>55</sup>

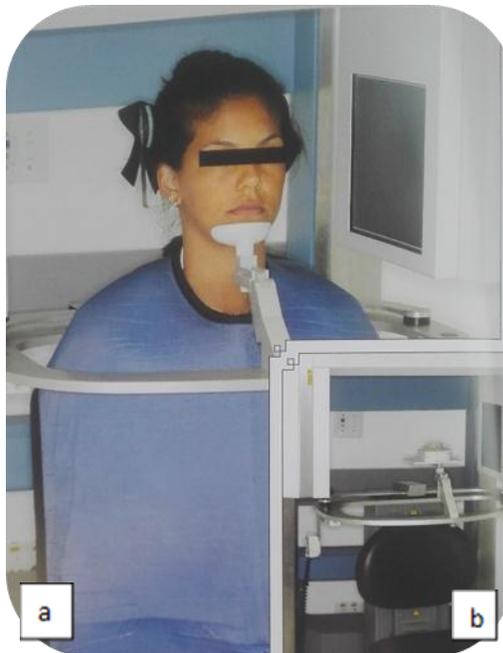


Figura 57.a. TC del paciente, b TC de la guía radiográfica.<sup>6</sup>



## Empalme de tomografía

El software se encarga de hacer un empalme de las dos tomografías que se realizaron con los cortes milimétricos y ubicación exacta de las estructuras adyacentes con el material radiopaco (Gutapercha) para poder hacer una reconstrucción 3D como lo podemos observar en la figura 58.<sup>6,56</sup>

La combinación del doble escaneo nos proporciona información adecuada y nos permite la reconstrucción en 3D en los planos horizontal, sagital, coronal y axial, a partir de las primeras imágenes de la estructura ósea y de la guía tomográfica. Posteriormente se realiza un registro interoclusal, el cual nos ayuda a ubicar espacialmente la posición de los futuros implantes diseñando una guía quirúrgica virtual.<sup>57</sup>

La guía tomográfica debe estar adecuadamente apoyada en el área basal teniendo un íntimo contacto con la mucosa, cuanto más pequeño sea el espesor de la distancia de la capa, será más precisa y la descripción más detallada para que las imágenes de la tomografía muestren la relación de la guía con el reborde alveolar. La adaptación de la guía es confirmada por el aspecto isquémico uniforme que se establece con la mucosa cuando el paciente ocluye sobre el registro.<sup>58</sup>

La exactitud del registro y la estabilidad dimensional son esenciales para la precisión de la medición en el sistema de navegación.<sup>58</sup>

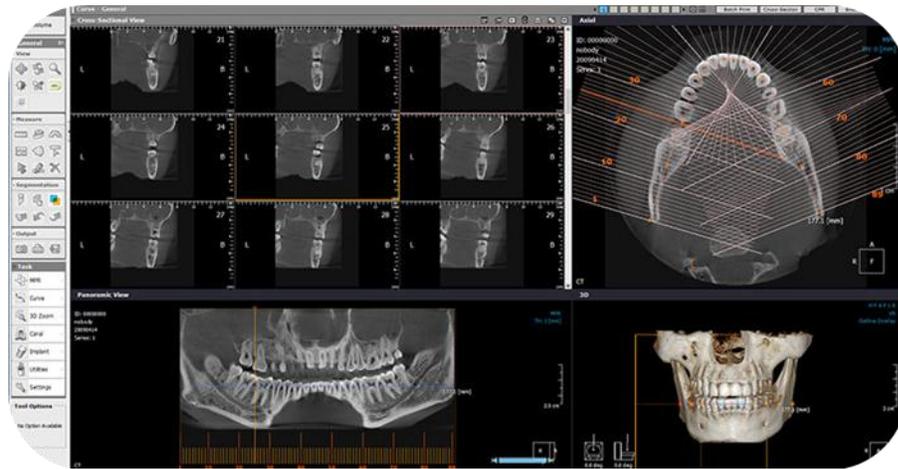


Figura 58. Empalme de tomografías.<sup>6</sup>

### 3.1.2.- Planificación Digital

Construcción del modelo maestro en el ordenador

La planificación digital está basada en la información obtenida con la doble tomografía computarizada (TC), la exactitud de los modelos 3D depende de la calidad y calibración del tomógrafo, si está bien calibrado permite visualizar las imágenes anatómicas de los maxilares de tamaño real, esta con base en la literatura, el implantólogo puede elaborar un plan de tratamiento individualizado.<sup>46,56</sup>

Las principales ventajas de la planificación digital, permite al implantólogo visualizar el maxilar previo a la cirugía con una visión tridimensional, realizar mediciones en hueso mediante marcadores electrónicos del programa, además ofrece realizar la simulación de la colocación de implantes previo a la cirugía, además de poder ver reconstrucciones en 3D en cortes



transversales, coronales y longitudinales, el implantólogo puede mover y revisar el modelo reconstruido tridimensionalmente para determinar la angulación, longitud y anchura de los implantes, considerando el plano de oclusión y las estructuras adyacentes (Fig. 59).<sup>6,49,59,74</sup>

Las imágenes obtenidas serán exportadas a un archivo 3D, permitiendo la manipulación en el software de navegación interactiva, en función del doble escaneamiento; los datos de imagen se graban en un disco compacto en formato de imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM), para proteger la información, por cuestiones legales. Las imágenes pueden ser visualizadas individualmente o sobrepuestas, permitiendo analizar la relación existente entre la estructura ósea y la guía, permitiendo determinar la posición, inclinación y profundidad de los implantes.<sup>60,74</sup>

La información obtenida del doble escaneo es enviada a la central de producción Procera en Suecia, vía internet y devuelven la guía exactamente como fue planeada con los datos del ordenador, que posteriormente es utilizada a la hora del procedimiento quirúrgico.<sup>60,61</sup>

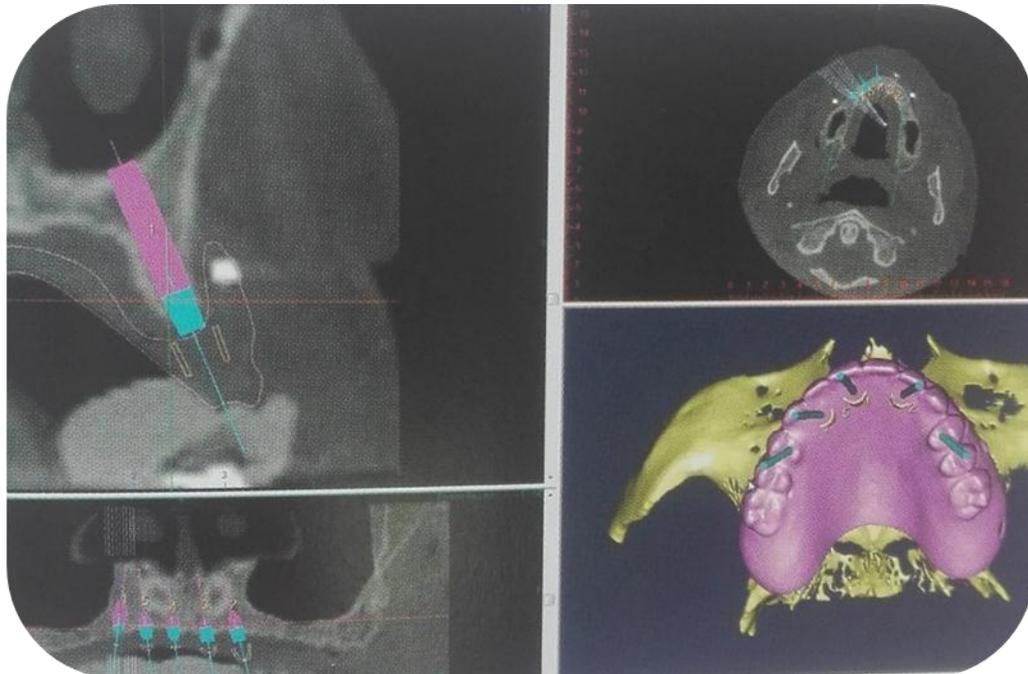


Figura 59. Proceso de planificación virtual de los implantes.<sup>6</sup>

### Guías quirúrgicas

Las guías quirúrgicas son una herramienta indispensable durante la cirugía con implantes. Sirven como enlace entre el operador y el paciente, las guías quirúrgicas se pueden diseñar de diferentes formas, la técnica más convencional de obtener una guía quirúrgica es hecha a base de polímero en el laboratorio y las digitales, que son más precisas.<sup>62,74</sup>

Las guías quirúrgicas se utilizan en implantología para apoyar y mejorar ampliamente los resultados, el posicionamiento y la anulación del implante, para lograr mejores resultados en la colocación del mismo. Desde el punto de vista técnico, la guía quirúrgica proporciona al clínico información para



tener un margen de seguridad y visualizar con exactitud la posición anatómica y actual de un implante con respecto a la anatomía del paciente.<sup>55</sup>

### Clasificación de Guías Quirúrgicas

Las guías quirúrgicas se pueden clasificar según: 1) La relación de los tejidos subyacentes del implante 2) Por su elaboración.

- ❖ Gingivosoportadas → Este tipo de guía quirúrgica se adapta sobre la mucosa sin levantar un colgajo, puesto que el colgajo elevado impide su adaptación.<sup>63</sup>
- ❖ Oseosoportadas → Este tipo de guía quirúrgica se adapta directamente sobre el hueso y se recomienda realizar una incisión crestal ampliada y colgajos completamente elevados, una desventaja es que las complicaciones posoperatorias tales como dolor e inflamación se incrementan.<sup>63</sup>

#### Por su elaboración

- ❖ Guías convencionales → Se realiza un duplicado del encerado diagnóstico (Fig. 60 a) se realiza la guía quirúrgica y se analiza el eje del futuro implante, se perfora un orificio de 6 mm para colocar un poste metálico en el yeso y posteriormente se fresara la guía termo curable en el eje axial, permitiendo tener un control en la osteotomía (Fig. 60 b).



Es importante considerar el espacio disponible con el antagonista y el espacio mesiodistal de la corona, recordemos que el implante debe tener 1.5 mm de la raíz del diente adyacente, el perno metálico debe sobresalir 10 mm. La guía quirúrgica debe ser hecha de resina acrílica incolora para facilitar la visualización de la orientación.<sup>64,67</sup>

Las ventajas de las guías quirúrgicas convencionales, representan menor costo para los pacientes, ya que se basan en ortopantomografía, el implantólogo cuenta con un diseño no limitativo en relación al sitio del implante y al diseño de la prótesis, permite flexibilidad a la hora de la colocación final del implante.<sup>65</sup>

Una de las desventajas de las guías quirúrgicas convencionales es que: se basan en un modelo de estudio que es una reproducción del tejido blando y no siempre representa con precisión la morfología ósea subyacente; la posición no siempre se alinea con la morfología ósea alveolar, a menudo pueden ser inexactos y deben ser verificados antes de su uso. El implantólogo debe tener un buen conocimiento de la morfología ósea subyacente, ya que este va ser la clave para la colocación y restauración exitosa del implante.<sup>66</sup>

Se puede producir alguna fenestración, dehiscencia, o alguna perforación de las placas corticales y/ o alguna violación de alguna estructura adyacente, ya que no se tiene control total de la osteotomía.<sup>66</sup>

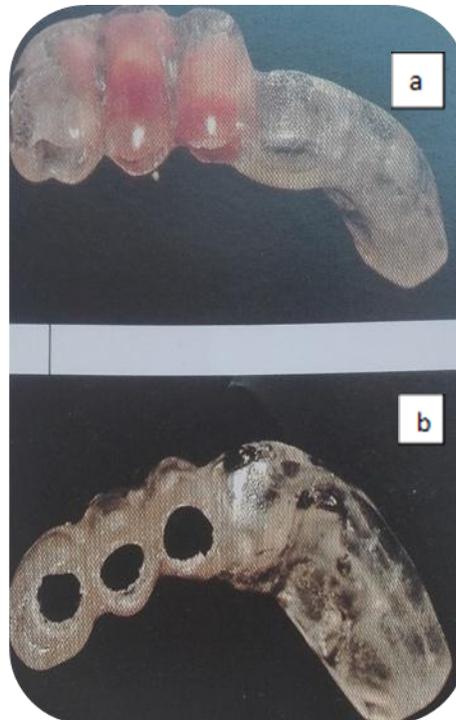


Figura 60. a Fabricación de guía quirúrgica termo formada convencional a partir de un encerado. b guía quirúrgica con orificios para la osteotomía.<sup>67</sup>

- ❖ Guías digitales → A través del desarrollo de la tomografía computarizada, se han abierto nuevas alternativas de planeamiento y ejecución de las cirugías con el uso de programas del ordenador para confeccionar guías quirúrgicas con CAD-CAM como podemos observar en la figura 61.<sup>6,58,66</sup>

### Elaboración de Guías Quirúrgicas Digitales

En 2002, Van Steenberghe y colaboradores sugieren un protocolo para la cirugía guiada que preconizaba la planeación con base en los datos proporcionados por una tomografía computarizada asociada a un software

tridimensional, actualmente las tomografías computarizadas y software especializados (Nobel Guide®, Simplant®, BTI Scan II®, Implant Viewer®, Dental Slice®) han permitido la planeación quirúrgico-protésica en un ambiente virtual a partir de una precisa visualización ósea tridimensional y su relación con la futura prótesis.<sup>68</sup>



Figura 61. Guía Quirúrgica virtual con el sistema CAD-CAM.<sup>6</sup>

Las ventajas del uso de las guías quirúrgicas digitales durante la cirugía de implantes permite que las cirugías sean estudiadas con antelación, gracias a las tomografías computarizadas que permite visualizar la anatomía adyacente de los maxilares este tipo de cirugía es totalmente orientado. Además nos ofrece una cirugía mínimamente invasiva y permite asegurarnos de una correcta angulación del implante, que proporcionando un ajuste correcto.<sup>6,69</sup>

Otra de las ventajas es que el uso de este tipo de guías proporciona una buena visualización del campo operatorio durante la osteotomía dando una precisión milimétrica, reduciendo complicaciones en el transoperatorio y



también se disminuye el tiempo quirúrgico, esto puede ser específicamente benéfico al colocar múltiples implantes en zonas desdentadas. Los beneficios clínicos al usar este tipo de guías, es que existe una reducción significativa del dolor y la inflamación al tener menor manipulación de los tejidos (Tabla. 4).<sup>6,69</sup>

Las desventajas que podemos mencionar de las guías digitales es que no son siempre costeables en implantes unitarios, las guías quirúrgicas digitales no son 100% precisas ya que existen una serie de factores, tales como: La calidad de la TC incluyendo la calibración correcta del tomógrafo, puede haber una disminución en la confiabilidad de la reconstrucción en 3D, la correcta colocación de las guías tomográfica son fundamentales para un buen escaneo, estas guías carecen de anclaje vertical por lo tanto el paciente no debe hacer ningún movimiento a la hora de la tomografía ya que pueden variar las imágenes, el aparato de escaneo debe estar bien calibrado en el momento de emitir la imagen, la calidad de los sensores del escáner también influyen (Tabla. 4).<sup>6,13,70</sup>

TIPO DE GUÍA QUIRÚRGICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Digitales	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Osteotomía controlada y estandarizada</li> <li>❖ Precisión milimétrica</li> <li>❖ Visualización de la anatomía</li> <li>❖ Mejora la angulación</li> <li>❖ Poca inflamación y dolor</li> <li>❖ Disminuye tiempos quirúrgicos</li> <li>❖ Baja la probabilidad de complicaciones en el transoperatorio</li> <li>❖ Poca inflamación y dolor</li> <li>❖ Tratamiento personalizado</li> <li>❖ Predecible, mejora la estética de la rehabilitación futura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Costo</li> <li>❖ No son 100% precisas ya que dependemos de               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración del tomógrafo</li> <li>• Calibración de escáner</li> <li>• Calidad de los sensores</li> </ul> </li> <li>❖ Capacitación</li> <li>❖ Equipo especializado</li> </ul>

Tabla 4. Tabla de comparación de las guías quirúrgicas digitales puntualizando sus ventajas y desventajas.<sup>58,71</sup>

### 3.1.3.- Cirugía con guía quirúrgica digital

Cuando se hace una cirugía guiada para la colocación del implante, se debe ajustar la guía quirúrgica directamente sobre el reborde alveolar edéntulo y se debe considerar el registro oclusal para evitar distorsiones durante la cirugía el paciente debe mantener la boca cerrada mordiendo la guía quirúrgica para asegurar su correcto posicionamiento, este dispositivo se coloca directamente sobre el reborde, después de las perforaciones se debe fijar con pernos (Fig. 62 ) a la mucosa o al hueso del paciente para impedir su movilidad durante la osteotomía; las complicaciones relacionadas con las férulas son raras, las únicas registradas es por la fractura de la resina.<sup>6,56,62,71</sup>

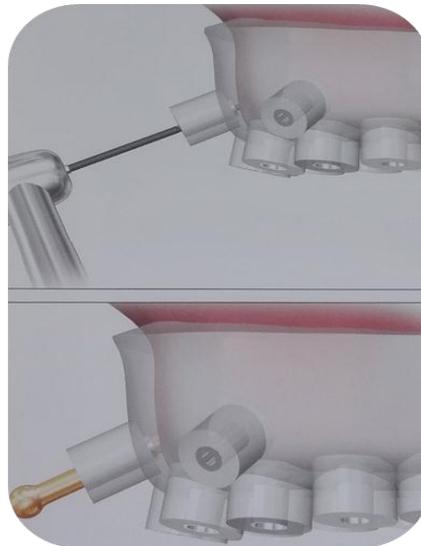


Figura 62. Fijación con pines de la guía quirúrgica digital a la mucosa alveolar. <sup>6</sup>

Posteriormente, se utiliza primero una pequeña fresa redonda para marcar los sitios de la osteotomía del implante con la guía colocada (Fig. 63 a). Cada sitio debe marcarse a una profundidad de 1 a 2 mm rompiendo el hueso cortical y crea un punto de partida para la fresa de espiral, posteriormente se utiliza la fresa de espiral por lo general 2 mm de diámetro y con marcas para indicar diversas longitudes, para establecer la profundidad y alinear el eje longitudinal del sitio receptor del implante (Fig. 63 b) se utiliza a una velocidad de 800 a 1500 rpm con abundante irrigación en el tejido óseo, la fresa se debe bombear continuamente de manera intermitente sin hacer movimientos de muñequo; cuando se colocan varios implantes se deben separar 3 mm para asegurar el hueso interimplantar y garantizar la oseointegración. <sup>6,13,62</sup>

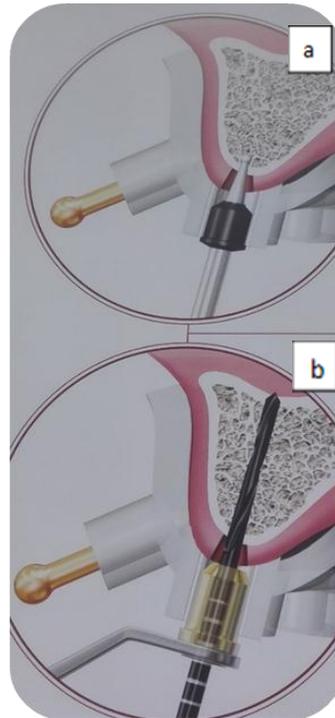


Figura 63. a. Fresado del sitio de la osteotomía con una fresa de bola. b. fresado del hueso con fresa de espiral para marcar la longitud del implante.<sup>6</sup>

La colocación del implante, se coloca el dispositivo ligeramente debajo del hueso crestal, se inserta con una pieza de mano que gira a velocidad lenta o a mano con una llave y la inserción del implante debe seguir la misma ruta que la osteotomía (Fig. 64), se debe asegurar los tornillos de cierre, se debe irrigar con solución salina los tejidos, se retiran los pines de fijación (Fig. 65) y por último se retira la guía quirúrgica .<sup>6,72</sup>



Figura 64. Colocación del implante con guía quirúrgica digital.<sup>6</sup>



Figura 65. Pines para fijación de guía quirúrgica digital.<sup>6</sup>

### 3.2.- Rehabilitación con sistema CAD-CAM

El paciente se envía a casa con la prótesis provisional el día de la cirugía, a los 6 meses de la colocación del implante se cita al paciente para la fase de mantenimiento de sus implantes y se podrá hacer la restauración definitiva con CAD-CAM que se describirá a continuación:<sup>6,73</sup>

Esta técnica permite no sólo mejorar la calidad de las restauraciones dentales sino que además, su proceso de fabricación resulta mucho más eficiente. La rehabilitación que se da con el sistema CAD-CAM consta de tres fases (Fig. 66).<sup>72,73</sup>

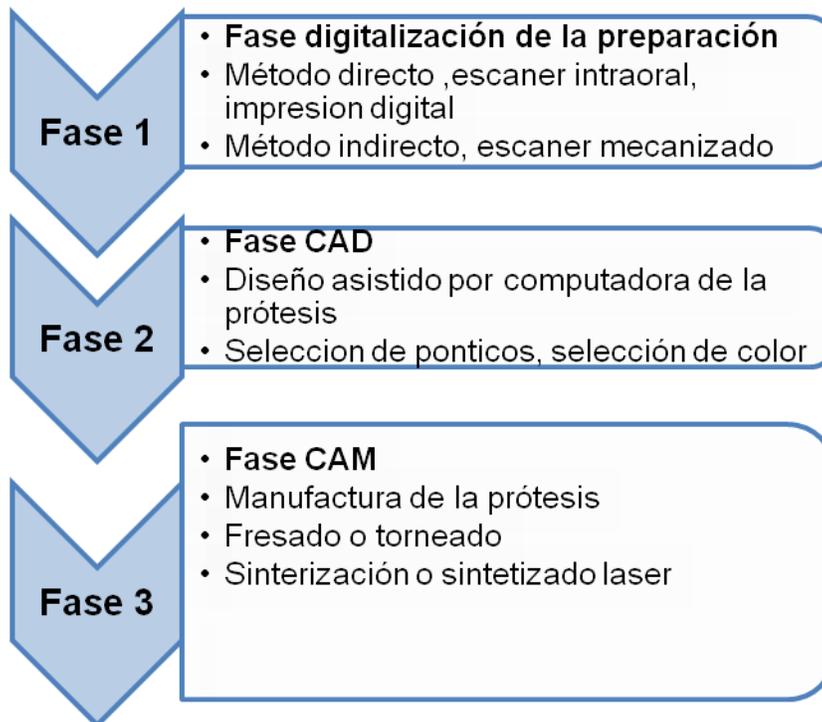


Figura 66. Diagrama de flujo para la restauración definitiva a través del sistema CAD-CAM.<sup>73</sup>

### 3.2.1.- Fase digitalización de la preparación

Las impresiones digitales basadas en el escáner, resultan una técnica más eficiente que la técnica convencional de impresión ya que esta última sufre cambios geométricos, se consumen tiempos más largos de preparación,

trabajo y recuperación en las impresiones convencionales. La dificultad es menor para la impresión digital en comparación con las convencionales.<sup>62,73</sup>

La primera fase del procedimiento es la impresión digital: Es el método por el cual se logra el registro tridimensional de la preparación dentaria a través del escáner y los datos obtenidos son enviados a un software. (Fig. 67).<sup>62,69,74</sup>

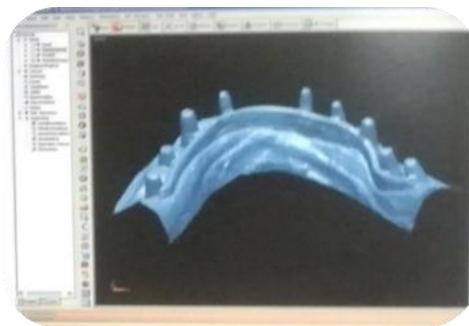


Figura 67. Escaneado óptico del reborde alveolar con implantes.<sup>69</sup>

### **3.2.2.- Fase diseño asistido por computadora (CAD)**

La segunda fase es el diseño por computadora (CAD): En esta fase se utilizan programas de diseño gráfico por lo cual se hacen trazados dentales, se traslada la información obtenida con el escáner al programa para diseñar la estructura protésica deseada y se realiza una superposición de imagen (Fig. 68).<sup>62,69,74</sup>

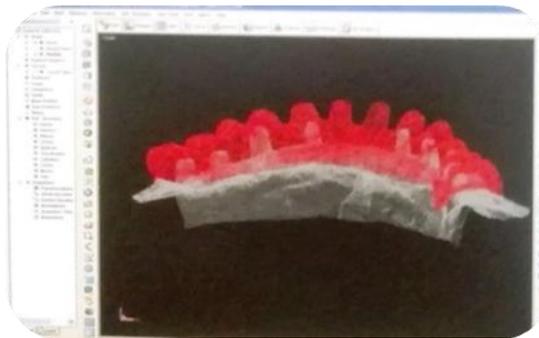


Figura 68. Súper posición de imagen como resultado del doble escaneo (CAD).<sup>69</sup>

Una vez detectada la línea de terminación cervical y la configuración de los pilares, es posible determinar la anatomía dental, las dimensiones de los pónicos, los pilares y los conectores de la restauración (Fig. 69). Además se puede seleccionar el color.<sup>69,73,75</sup>

Esta tecnología nos permite reducir el margen de error humano a la hora del procesamiento de la prótesis. Las características de un sistema CAD-CAM que busca un laboratorio para su aplicación: debe ser fácil de usar y no es necesario un especialista para su uso, más bien que el conocimiento del sistema debe ser gradual por la persona que lo opere.<sup>75</sup>

En la fase CAD se localiza elementos fundamentales de este sistema que se usa en el laboratorio:

- ❖ Un software de diseño gráfico modificado para la elaboración de la prótesis dental (CAD).

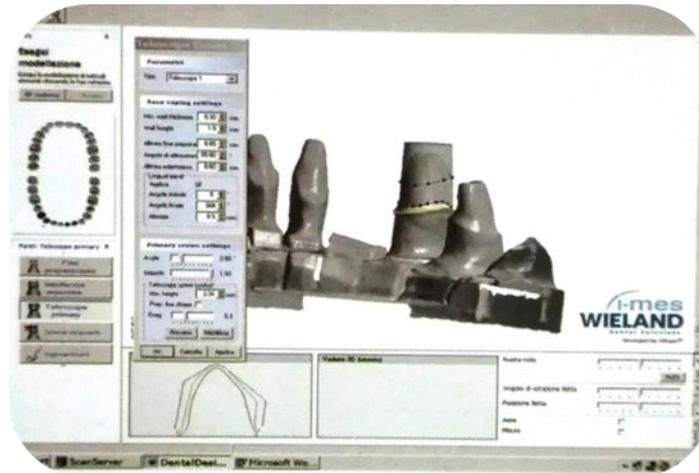


Figura 69. Digitalización y planeación virtual fase protésica (CAD).<sup>75</sup>

Los software que utiliza este sistema son programas específicos que mejoran la calidad del producto terminado, en el campo dental esto es perfeccionado y utiliza procedimientos codificados, controlados y protocolados para que las prótesis producidas por el sistema CAD-CAM sean extremadamente funcionales y estéticas, es un proceso aplicado en diversas áreas de producción en laboratorio que simplifica y acelera el trabajo final.<sup>69,75</sup>

La preparación de las copias es establecida automáticamente por el software (CAD), se debe valorar el lugar dónde se colocaran las futuras coronas, esto es muy importante desde el punto de vista mecánico y funcional, ya que los pilares deben estar situados idealmente en el centro de las coronas de sintetizado laser, para evitar fracturas de la estructura y asegurar su éxito a largo plazo. Esto es importante en cuestión de potencializar su resistencia a la fuerza masticatoria y en la oclusión de la corona, también por el resultado estético, tamaño y colocación vestibulo-lingual, asegurando la vida útil del implante.<sup>75</sup>

Las coronas fabricadas digitalmente con bloques de zirconio, libres de metal, consideran la oclusión y el ajuste interproximal como un punto muy importante a la hora del diseño digital y del sintetizado laser.<sup>75</sup>

El diseño es siempre guiado por los parámetros que establece el sistema de computadora, además se debe valorar el grosor mínimo del esqueleto de zirconia a través del software como lo podemos ver en la figura 70 .Para asegurar su resistencia a la fractura el grosor mínimo es de 0.6 mm y la superficie de los conectores es 6 mm<sup>2</sup> para las piezas anteriores y 9 mm<sup>2</sup> para el sector posterior, también se puede seleccionar el color de la estructura y se puede realizar entre 7 tonos pre-establecidos para correlacionarlo con la dentición natural del paciente.<sup>69,75</sup>

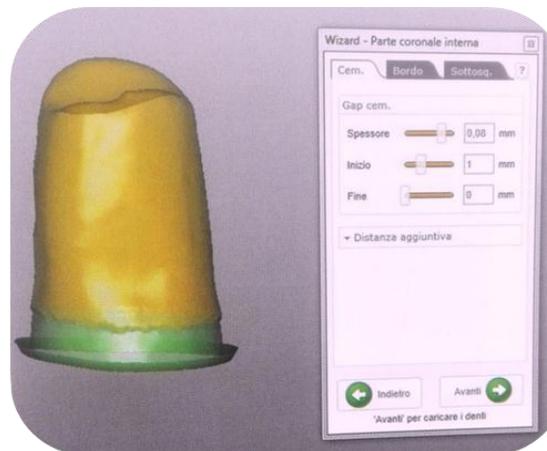


Figura 70. Diseño de la corona (CAD).<sup>75</sup>

### 3.2.3.- Fase manufactura asistida por computadora (CAM)

La tercera fase de este sistema, es el proceso conocido como manufactura asistida por computadora (CAM), el diseño virtual del esqueleto es transformado en códigos legibles esta información es enviada a la máquina fresadora (es un robot controlado sistemáticamente y es el encargado de procesar los datos de la digitalización, así como de transformar la información del diseño en la estructura protésica), la restauración física, se logra mediante el tallado de bloques cerámicos tomando en consideración inclusive la posterior contracción que sufrirá el material durante la etapa de sinterizado, la fresadora utiliza la función virtual que da la posibilidad de aumentar la dimensión del hombro para que tenga una correcta adaptación después del fresado. El diseño final es enviado a la máquina fresadora como lo podemos ver en la figura 71, previamente cargada con los bloques apropiados para el procedimiento, dependiendo del sistema utilizado y de la marca, los bloques podrán ser totalmente sinterizados ó presinterizados, que implica el fresado de bloques de zirconia preparados industrialmente mediante una máquina fresadora.<sup>26,69</sup>



Figura 71. Fabricación de la prótesis libre de metal en un cubo de zirconio (CAM).<sup>26</sup>

La unidad de producción es el componente final del sistema, su actuación es determinante, se considera el tipo de anclaje en la fresadora, para evitar desprendimiento o fractura de la restauración, es muy importante considerar que dependiendo del material usado son los tiempos que utiliza la fresadora para tallar la prótesis.<sup>76</sup>

Posteriormente, se realiza el sinterizado y el pulido manual y se establece el color de la subestructura antes de meterlo al horno; la última etapa consiste en el agregado de la cerámica de recubrimiento. La cerámica que se utiliza tiene un coeficiente de expansión térmica similar al de la zirconia y consiste en un sistema de 16 tonos basados en la escala VITA clásica.<sup>76</sup>

En el procedimiento de prueba de la estructura lo que se controla principalmente es el ajuste marginal, luego de que el esqueleto ha sido probado en boca es enviado al laboratorio, para el agregado, de cerámica de recubrimiento. Antes del glaseado final se debe realizar otra prueba en boca como lo podemos ver en la figura 72, para verificar los contactos oclusales y los puntos de contacto proximales, antes de su cementado, se puede utilizar: fosfato de zinc ó cemento autoadhesivo. Se presenta el diagrama completo desde el diagnóstico inicial hasta la rehabilitación protésica con el sistema CAD-CAM en la figura 73.<sup>27,68</sup>



Figura 72. Prótesis terminada sobre el implante CAD-CAM.<sup>27</sup>

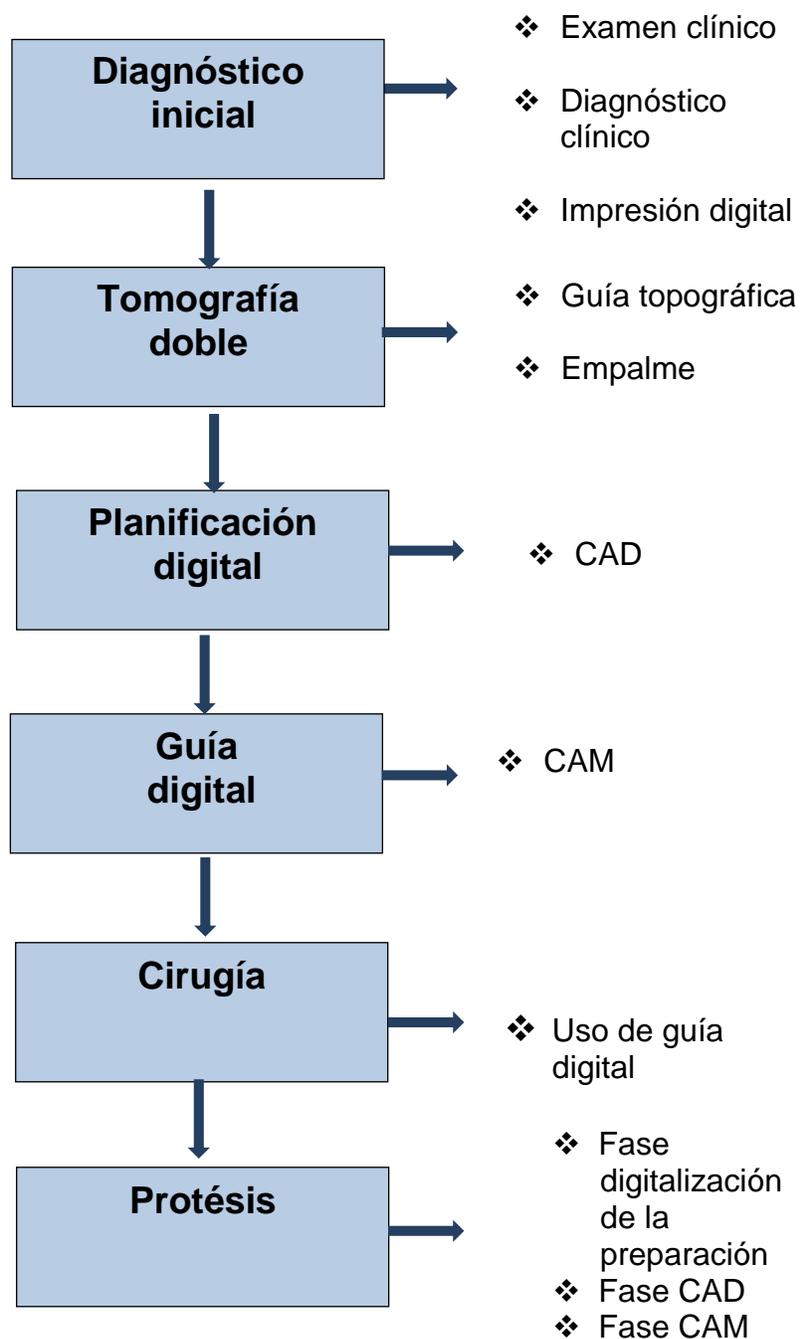


Fig 73. Diagrama de flujo completo desde el diagnóstico pasando por la planificación digital, la cirugía de implantes hasta la rehabilitación protésica. ( fuente directa)



## CONCLUSIONES

La colocación de los Implantes con CAD-CAM es un procedimiento predecible y con una alta tasa de éxito siempre y cuando se realice un buen diagnóstico preoperatorio y una buena selección del caso, para tener aceptación en el tratamiento se debe conocer los aditamentos protésicos para las bases de la implantología.

La cirugía guiada por ordenador es una serie de pasos que presenta mejores resultados cuando se compara con la planificación convencional, ya que la cirugía guiada nos permite conocer el maxilar antes de la cirugía y poder abordar el maxilar con mayor confianza para evitar cualquier tipo de complicación durante el procedimiento, la técnica de cirugía asistida por ordenador con el uso de las guías estereolitográficas son de gran utilidad a la hora de la colocación de implantes angulados y perfecciona la rehabilitación de los mismos, en virtud de que se tiene un margen de error casi nulo en comparación con la técnica convencional, por lo tanto el sistema CAD-CAM es una mejor opción de tratamiento en la actualidad.

La planificación digital ha revolucionado a la odontología moderna permitiendo tener toda la información del caso en un solo lugar y obteniendo tratamientos integrales de calidad, diseñando la prótesis y visualizándola antes de realizarla, para saber en qué lugar se va a colocar el implante y conocer previamente la zona con una visión tridimensional antes de la cirugía para reducir complicaciones mejorando la precisión, disminuyendo el tiempo quirúrgico, CAD-CAM permite que las restauraciones diseñadas y fabricadas con apoyo de un ordenador mejoren la estética y funcionalidad; con este sistema se obtiene una rehabilitación integral con resultados óptimos.



## BIBLIOGRAFIA

1. Vargas C, Yañez O, Monteagudo A. Periodontología e implantología. 1ª ed. México: Medica panamericana; 2016. pp.305, 380-390.
2. Solé B. Cirugía bucal para pregrado. 1ª ed. México: Amolca; 2001. pp. 380-382.
3. Misch C. Prótesis dental sobre implantes. 3ª ed. USA: El selvier; 2006. pp. 37-40,149-150.
4. Rola S, Nasrin S. A comparison between screw - and cement-retained implant prostheses a literature review. Journal of Oral Implantology 2012; 38(3): 298-307.
5. Straumann. Conexión de implantes.[online]; 2015 disponible en: [www.straumann.com.mx/es/para-profesionales/productos.../lineas-de-implantes.htm](http://www.straumann.com.mx/es/para-profesionales/productos.../lineas-de-implantes.htm)
6. Callegari B. Rehabilitación estética abordajes precisos y actuales.1ª ed. Brazil: Amolca; 2016. pp 330-363.
7. Dalton M. Manual de prótesis sobre implantes, pasos clínicos y laboratoriales. 1ª ed. Mexico: Artes medicas latinoamericana; 2007.pp. 20-27, 33-38.
8. Echeverri A, Bernal D. Oseointegración. 1ª ed. España: Ecoe ediciones ; 2004. pp. 32-33.
9. Raspall G. Cirugía bucal maxilofacial e implantología.1ª ed. México: Medica panamericana; 2001. pp. 170-175.
10. Gómez de Ferraris, Campos A. Histología embriología e ingeniería tisular bucodental. 3ª ed. México: Medica Panamericana; 2009. pp. 390-392.



11. Lindhe J, Lang N, Karring T. Periodontología clínica e implantología Ontológica. 6ª ed. España: Medica Panamericana; 2017. pp 860,873,1063.
12. Gartner L, Hiatt J. Histología básica. 2ª ed. España: El selvier; 2011. pp. 78-79.
13. Newman M, Takei H, Carranza F, editores. Periodontología clínica. 11ª ed. México: Amolca; 2014. pp. 1073-1076,1183-1187.
14. Navarro V. Cirugía oral y Maxilofacial. 2ª ed. México: Aran; 2008. pp. 175-178.
15. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. 5ª ed. España: El selvier; 2014. pp. 59, 91, 135, 149, 169, 179, 187, 190 y 223.
16. Martínez T. Cirugía oral y maxilofacial. 1ª ed, México: Manual moderno; 2008. pp. 458-459.
17. Ozawa Y. Fundamentos de prostodoncia total. 1ª ed. México: Trillas; 2010. pp. 45,150-152.
18. Ariello F, Arindetti A, Baldoni M. Implantes post-extracción: protocolo y consideraciones clínicas journal periodontologia 2000; 12(2): 91-102.
19. Ardila M, Guzmán Z. Superficie del implante como indicador de riesgo en enfermedades periimplantares. Journal Periodontología e Implantología 2012; 24 (3): 139-144.
20. Baladron C. Implantologia moderna. 1ª ed, España: Ergonon; 2010. pp. 19-21.
21. Ruíz N. Sistema CEREC CAD-CAM en odontología restauradora computarizada. 1ª ed. México: tesis UNAM; 2009. pp. 42-49.
22. Núñez A. Diseño y manufactura en sistema CAD-CAM de prótesis monolíticas unitarias dentosoportadas del sector posterior en



- disilicato de litio y óxido de zirconio. 1ª ed. México: tesis UNAM; 2016. pp. 21-28.
23. Castor de madera Historia y evolución del CAD-CAM. [online]; 2016 disponible en: [hyperlink http:// www.castor.es/historiaCAD-CAM.html](http://www.castor.es/historiaCAD-CAM.html)
24. Scribd. Sistema CAD-CAM. [online] 2015 disponible en: [http:// es.scribd.com/document/263795963/Historia-y-Evolucion-Del-CAD-CAM](http://es.scribd.com/document/263795963/Historia-y-Evolucion-Del-CAD-CAM)
25. Odontología restauradora Sistema CAD-CAM. [online]; 2016 disponible en: <http://www.odontologiaactual.com/disenyo-y-elaboracion-de-restauraciones-en-sistema-cad-cam>
26. Sirona. Odontología con Sirona CAD-CAM. [online]; 2017 disponible en: <http://www.sirona.com/es/productos/odontologia-digital/ortodoncia-con-cerec/>
27. Nobel biocare. Historia del sistema CAD-CAM. [online]; 2014 disponible en: <http://www.nobelbiocare.com/mx/es/home/company/about-us/history.html>
28. García M. Rehabilitación con implantes dentales utilizando el sistema CAD-CAM Wieland Zenostar ®. 1ª ed. México: tesis UNAM; 2017. pp. 25-31.
29. 3M Soluciones CAD-CAM .[online]; 2015 disponible en: [http://solutions.3m.com.mx/wps/portal/3M/es\\_MX/3MESPE\\_LA/dental-professionals](http://solutions.3m.com.mx/wps/portal/3M/es_MX/3MESPE_LA/dental-professionals)
30. Solaberrieta E, Minguez R, Barrenetxea L. Integración de la ingeniería en la odontología DYNA - ingeniería e industria. Journal of oral implantology 2015; 90 (1): 26-29.
31. Cacciacane O .Rehabilitación implanto asistida bases y fundamentos. 1ª ed. España: Ripano; 2008. pp. 61-67.



32. Fregoso G. Sistema cad-cam procer® implant bridge. 1ª ed. México: Tesis UNAM; 2014. pp.33-39.
33. Naumova E, Schneider S y cols. Materiales CAD-CAM. Mdpi journal 2017 ; 244 (10030244) : 2-13.
34. Braverman S. Nuevos desafíos prótesis bases y fundamentos. 1ª ed. México: Ripano médica; 2013. pp. 420-422.
35. Arbaz S. Computer - assisted design computer-assisted manufacturing systems: a revolution in restorative dentistry. Journal of indian prosthodontic society 2016; 16 (1) : 96- 101.
36. Haldun İ, Kivanç A, Murat C. Çehreli. The use of computerized tomography for diagnosis and treatment planning in implant Dentistry. Journal of Oral Implantology 2002; 28(1): 29-36.
37. Mangano et al. Custom-made scaffolds for ridge augmentation CAD-CAM. Journal of oral implantology 2014; 40(5): 561-569.
38. Lemus Cruz L. Justo M. Fuertes L, Castell C. Carga inmediata en implantología oral. *Revista habanera de ciencias médicas* 2009; 8(3): 1-6.
39. Núñez A. Diseño y manufactura en sistema CAD-CAM de prótesis monolíticas unitarias dentosoportadas del sector posterior en disilicato de litio y óxido de zirconio. 1ª ed. México: Tesis UNAM; 2016. pp. 51-60.
40. Kung woo man y cols. Verifying three dimensional skull model reconstruction using cranial index of symmetry plos one 2013; 8(10): 1-5.
41. Saurabh chaturvedi et al. Rehabilitation of nose following chemical burn using CAD-CAM made substructure for implant retained nasal prosthesis clinical report. Journal hindawi 2017; 40 (6):758-766.



42. Bacigalupe y Cols. Uso de coronas sistema CAD-CAM en implantes osteointegrados. Gaceta dental 2014; 25(1), 158-165.
43. Brown Matthew, Koroluk Lorne y cols. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics December 2015;148 (6):1067-1074.
44. Harold M, Pinsky. Using CAD-CAM preclinical Results. Journal Hindawi 2007; 33(2): 148-151.
45. Chanwoo J, Doohwan B. Removal of Supernumerary Teeth Utilizing a Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Surgical Guide. Journal oral of maxillofacial surgery 2017; 75 (5): 1- 9.
46. García S. Reconstrucción temporomandibular postraumática con prótesis CAD-CAM planificación quirúrgica virtual. Revista Española de cirugía oral y maxilofacial 2017; 32(2):53-60.
47. Mendoza R y cols. Rehabilitación protésica Multidisciplinaria. Revista odontológica Mexicana 2012;16(2):112-122.
48. Pimentel J, Salazar a. Zirconia para rehabilitación completa sobre implantes caso clínico.[ed]. Facultad de odontología Revista odontológica mexicana 2015; 19 (1): 43-47.
49. Borges T. Clinical outcome of inter-proximal papilla between a tooth and a single implant treated with CAD/CAM abutments: a cross sectional study. Journal Oral Maxillofacial 2012; 3 (3): 4 -6.
50. Propdental. CAD-CAM en implantología [online];2016 disponible en: <http://www.propdental.es/cad-cam-dental>
51. A. Norman C, cols. CT/cad-cam and direct bone impression for implant model generation. Journal of Oral Implantology 1998; 25(2): 74-79.



52. Tardieu P, Rosenfeld A. The art of computer guided implantology. 1<sup>a</sup> ed. USA: editorial quintessence; 2016. pp. 87 y 90.
53. Tiziano T, Massimo R. Evaluation of accuracy and precision of a new guided surgery system: a multicenter clinical study the international, Journal of Periodontics & Restorative Dentistry 2014; 34 (1): 59- 69.
54. Contreras M. Cirugía guiada en implantología moderna. Revista Odontológica Mexicana 2013;17 (2) :117-122.
55. Miller R y cols. Surgical navigation in oral implantology, implant dentistry 2006;15 (1): 41- 47.
56. Santosh N, Bhasma R. Surgical guide for placement and restoration of implant. Journal of oral implantology 2014; 40(5): 623,626.
57. Josef-R. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wave front sampling. Journal of dentistry 2010; 38(2): 553–559.
58. Velasco O, García M. Implantología oral guiada asistida por ordenador fundamentos científicos y práctica clínica. 1<sup>a</sup> ed. México: Ripano; 2016. pp. 71, 93.
59. Pooja M, Simmons D. Reliability of guides based on soft- tissue models. Journal of oral implantology 2012; 38 (6): 723-727.
60. Renout F, Rangert M. Factores de riesgo en implantología oral. 1 ed. España: quintessence book; 2002. pp. 146-149.
61. Dalton M. Manual de prótesis sobre implantes, pasos clínicos y laboratoriales. 1<sup>a</sup> ed. Mexico: artes medicas latinoamericana; 2007. pp. 20-27, 33-38
62. Hamid R. Manual clínico y de laboratorio de las sobre dentaduras. 1<sup>a</sup> ed. Mexico: Amolca; 2009. pp. 26-29.



63. Arrua A. Consideraciones mecánicas y biológicas para el éxito de los implantes dentales según la literatura científica. 1ª ed. Paraguay: Oral research; 2016. Pp. 115-124.
64. D'Souza K, Aras Meena L. Types of implant surgical guide in dentistry: a review. Journal implantology 2012; 38(5): 643-652.
65. Romero R. Tecnología CAD/CAM en prótesis implanto al día y perspectiva de futuro. 1ª ed, México: Gaceta dental industria y profesiones 2010; 20(2): 124-144.
66. Vilarrubí A, Pebé P, Rodríguez A. Prótesis fija convencional libre de metal de tecnología CAD CAM-zirconia descripción de un caso clínico. Odontoestomatología 2012; 8 (18): 16-28.
67. Peñarocha M. Implantología oral. 1º ed. España: Arg Medica; 2001. pp. 47-69.
68. Briel F. Rehabilitación de implantes dentales con uso de CAD-CAM, una novedosa y fiel alternativa. 1ª ed. México: Tesis UNAM 2016. pp 31-47.
69. Dell'acqua A, Espinosa R, Fernandez E, Hernao D, Kohen S, Mondelli J, et al. Estética en odontología restauradora. 1ª ed. Madrid: Ripano; 2016. pp. 41-43, 388.
70. Zafra M, Martínez B, Celemín V, Gómez P. Estado actual de los diferentes sistemas de escaneado para CAD/CAM. Journal implantology 2011; 16 (2): 97-104.
71. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Journal implantology 2008; 204(9): 505-509.
72. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. Dent clin North America. Journal of implantology 2011; 55(3): 559-70.



- 
- 73. Zamara V. Protesis combinada en implantología. 1ª ed. México: Amolca; 2010. pp. 250-253.**
- 74. Rosen Borisov. Radiological templates and cad/cam surgical guides. a literature review. J of IMAB 2016; 22(3): 1285-1295.**
- 75. Montanga F. Ceramica, zirconio y CAD/CAM. 2ª ed. Venezuela: Amolca; 2013. Pp. 51,52,104,214,225,226.**
- 76. García B. Rehabilitación protésica fija del sector anterior con tecnología CAD-CAM. 1ª ed. México: Tesis UNAM; 2017. pp. 61-76.**

