



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA: PROPUESTA DE
ANÁLISIS ÓSEO PARA PRONÓSTICO, DIAGNÓSTICO
Y PLAN DE TRATAMIENTO EN IMPLANTOLOGÍA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

DIANA ALEJANDRA MARTÍNEZ GÓMEZ

TUTORA: Dra. PATRICIA GONZÁLEZ ALVA
ASESORA: Dra. JANETH SERRANO BELLO

2016

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



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.



A mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme dejado formar parte de ella y poner a mi disposición una formación académica de excelencia, corresponderé a la sociedad como profesionista comprometida. A ella, gracias.

A mi tutora, la Dra. Patricia González Alva y a mi asesora, la Dra. Janeth Serrano Bello, por el valioso apoyo que me prodigaron, siempre gustoso, paciente y definitivo para la realización de este trabajo. Muchas gracias a ambas.

Al C.D.E.P. José Humberto Viales Sosa por su orientación para la elaboración de este trabajo. Muchas gracias.

A la Mtra. María Luisa Cervantes Espinosa, por guiarme tan acertadamente en el último escalón de este trayecto. Gracias por su dedicación.

A mi madre, Diana, por haberme otorgado la vida, por su gran esfuerzo, por ser siempre mi sostén y apoyo incondicional, por siempre preocuparse por mi bienestar, por haberme guiado por el camino del bien para formar la persona que soy ahora, por ser mi amiga y por ser, sin duda alguna, una excelente madre, para mí, la mejor. Sus enseñanzas contribuyeron para que yo llegara hasta aquí. A ella, gracias.

A mis abuelos, Ángel y Famy por haberme brindado su amor y protección desde pequeña, por haber formado parte de mi vida desde siempre, cuidarme y guiarme. Siempre en mi corazón. A ellos, gracias.

A toda mi familia, mis tíos y primos, porque aun siendo una familia pequeña me brindan un gran amor y apoyo en cada momento de mi vida. A ustedes, gracias.

A Mauricio, por ser mi compañero fiel de vida, mi sostén y mi amor. Por estar conmigo con marea alta o baja, por permitirme compartir mi vida contigo y



porque tú compartes la tuya conmigo. Por ser siempre la persona que eres. Tu presencia indudablemente alegra mi vida. A ti, gracias.

A todos los amigos que conocí en el transcurso de mi formación académica, por todas las buenas experiencias y momentos que pasamos juntos. Gracias.

A todos ustedes, muchas gracias.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
CAPÍTULO I. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	9
1.1 Historia de la tomografía computarizada.....	9
1.2 Principios de la tomografía computarizada.....	10
1.3 Indicaciones y contraindicaciones.....	14
1.4 Ventajas y desventajas.....	17
1.5 Técnicas de reconstrucción de imagen.....	19
CAPÍTULO II. IMPLANTES DENTALES	24
2.1 Principios de los implantes dentales.....	25
2.2 Tipos de pilares para implantes dentales.....	28
CAPÍTULO III. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA COMO MÉTODO DE EVALUACIÓN AUXILIAR EN IMPLANTOLOGÍA	30
3.1 Análisis de estructuras anatómicas en tomografía computarizada.....	31
3.2 Densidad y estructura ósea.....	33
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE CALIDAD ÓSEA	41
CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47



INTRODUCCIÓN

Hoy en día el avance vertiginoso de la tecnología en todos los ámbitos del conocimiento humano, exige que avancemos al mismo ritmo que ésta lo requiere. La Odontología no se queda atrás, pues estos avances apoyan de manera significativa a los distintos tratamientos, brindando grandes beneficios a los odontólogos y principalmente a los pacientes, beneficios que derivan en procedimientos más cómodos y eficaces.

Las radiografías intraorales, panorámicas y cefalométricas son las técnicas de imagen más comúnmente utilizadas en radiología dental y maxilofacial, dichas técnicas de imagen permiten una evaluación en dos dimensiones de los tejidos duros de cabeza y cuello.

Sin embargo, la región maxilofacial está conformada por una anatomía tridimensional compleja, para la cual, las técnicas de imagen convencionales no son suficientes para una visualización óptima de dicha anatomía.

Pese a que los avances y la disponibilidad en los dispositivos de tomografías computarizadas ofrecen muchos beneficios clínicos, y han ampliado las aplicaciones clínicas de la imagenología médica, existe la necesidad de investigación y educación para determinar parámetros como la optimización de dosis, pruebas de los equipos, reconstrucción de imágenes, calidad de las imágenes y optimización de los equipos utilizados.

En este trabajo se abordan los inicios y principios básicos de la tomografía computarizada, misma que hoy constituye una fuente fundamental de información, para realizar diagnóstico, pronósticos y planes de tratamiento más precisos en el ámbito de la salud. La tomografía computarizada es un procedimiento tecnológico cuyo propósito es obtener imágenes en 3D para la exploración de tejidos duros y blandos, los cuales se pueden estudiar



perfectamente (tamaño, forma, densidad), en diferentes programas informáticos.

En este contexto, podemos aplicar el uso de la tomografía computarizada dental para elaborar diagnósticos con una mayor precisión, mejorando de manera significativa la toma de decisiones sobre el plan de tratamiento y en el tratamiento mismo, pues es asombrosa su utilidad como un auxiliar de tecnología avanzada para satisfacer una necesidad primordial, que es brindar al paciente bienestar ante la pérdida de una pieza dental a través de la colocación de implantes.

Se abordarán aspectos generales de los implantes dentales, ya que, en los últimos años, la implantología odontológica, ha adquirido un gran auge ya que les devuelve a los pacientes, de una manera eficaz, la función masticatoria y estética. Actualmente, aun cuando los implantes dentales han sido muy estudiados y utilizados, no podemos considerar que contamos con la suficiente información e incluso conocimientos para aplicar la tecnología actual al elaborar un diagnóstico, pronóstico y un plan de tratamiento eficaces. Es por esto que hablar de la utilidad de la tomografía computarizada como auxiliar del diagnóstico en el ámbito de la implantología, tiene grandes ventajas para los pacientes y para el clínico mismo, para ello deben de tomar en cuenta múltiples factores para sacar el mayor provecho de estas tecnologías, considerando los diferentes análisis, principalmente de óseo, que complemente el diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento con implantes dentales.



OBJETIVO GENERAL

Revisar la literatura actualizada, sobre el uso de las imágenes tomográficas como auxiliar en el diagnóstico estomatológico, particularmente en el análisis de la calidad ósea para la colocación de implantes dentales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar los conceptos generales de tomografía computarizada e implantes dentales.
- Explicar las distintas aplicaciones de la tomografía computarizada en el campo de la implantología.
- Comparar los métodos utilizados para analizar el hueso antes de la colocación de implantes.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios de imagen como la TC, juegan un papel importante en la fase pre-quirúrgica, quirúrgica y post-quirúrgica protésica de tratamientos con implantes dentales.

Por otro lado, los métodos utilizados para evaluar la densidad, la geometría y la microarquitectura del hueso carecen de unificación y sigue existiendo la necesidad de validar parámetros que permitan predecir factores de riesgo que comprometan el éxito de los implantes. Por tal motivo el presente documento pretende compilar y discutir algunos métodos que han sido propuestos por diversos y tratar de unificar diferentes criterios para realizar un mejor diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento en la colocación de implantes dentales.



CAPÍTULO I. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La tomografía computarizada genera imágenes en tres dimensiones que permiten visualizar la anchura, longitud y profundidad de estructuras anatómicas.¹

El caso del complejo maxilofacial, hablamos del conjunto de estructuras anatómicas que incluyen la cavidad nasal, el seno maxilar, la órbita, el cerebro y estructuras adyacentes.²

Los datos recolectados con imágenes tridimensionales permiten evaluar diferentes variables, como la densidad ósea, la presencia de patologías y variantes anatómicas, entre otras. Lo anterior influye directamente en el éxito de los tratamientos quirúrgicos, como es el caso de los implantes dentales.

En este capítulo abordaremos a más profundidad las variables previamente mencionadas, los principios de la tomografía así como su uso en el auxiliar en el diagnóstico y tratamiento odontológico.

1.1 Historia de la tomografía computarizada

La tomografía computarizada (TC) fue inventada por Sir Hounsfield, y se presentó al mundo del diagnóstico por imagen en 1972. Los primeros escáneres de TC se empezaron a usar a mediados de los setenta.³ A partir del primer prototipo la TC ha sufrido una evolución gradual. Actualmente se cuenta con seis generaciones distintas cuya clasificación se basa en la organización de las distintas partes del sistema y por el desplazamiento físico del haz.⁴ La TC permitió por primera vez la visualización de los tejidos duros y blandos sobre una imagen, sin llevar a cabo un procedimiento invasivo sobre el paciente como la inyección de medio de contraste.³



Por otra parte, la tomografía computarizada de haz cónico, en inglés “Cone Beam Computed Tomography” (CBCT) se desarrolló a fines de los años 90 con el objetivo de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial, con una dosis de radiación mucho más baja que para la tomografía convencional.

La CBCT difiere de la imagen de TC en que el volumen tridimensional de los datos es adquirido en el curso de un solo barrido del escáner, usando una simple y directa relación entre sensor 2D y fuente de radiación que rotan sincrónicamente alrededor de la cabeza del paciente. ⁴

1.2 Principios de la tomografía computarizada

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española incluye la palabra “tomografía”, misma que deriva de la palabra griega τόμος τόμος que significa 'corte, sección' y grafía, que significa “descripción” o “representación gráfica”, y es un término que describe una técnica de exploración radiológica, que permite obtener imágenes de un corte o plano concreto de un cuerpo. ⁵

Esta técnica proporciona una manera totalmente nueva de examinar el cuerpo porque representa el equivalente a radiografías de cortes transversales del cuerpo en vivo. ⁶

Probablemente lo más importante de la TC es la característica de permitir diferenciar y cuantificar los tejidos blandos y duros.

La TC es una técnica radiográfica de cortes corporales especial que permite la visualización de un corte de la anatomía del paciente mediante el ocultamiento de las regiones de dicha anatomía que quedan por encima y por debajo del corte de interés y que genera estas imágenes a través de una computadora.



La TC es una técnica digital y matemática de diagnóstico por imagen, que origina cortes axiales en los que cada capa no está contaminada por estructuras borrosas procedentes de la anatomía adyacente.³

Por otra parte la CBCT es un tipo de tomografía que está específicamente diseñada para la obtención de información tridimensional del esqueleto maxilofacial, que incluye los dientes y tejidos adyacentes con una considerable menor dosis efectiva de radiación en comparación a la tomografía computarizada convencional médica.⁴

La microtomografía computarizada es la formación de imágenes de rayos X en 3D mediante el mismo método utilizado en exploraciones de tomografía computarizada hospitalaria, aunque a pequeña escala y con una resolución muy superior. En realidad, representa la microscopía 3D en la que se forman imágenes de estructuras internas de objetos muy finas de forma no destructiva.^{7,8}

La microtomografía computarizada utiliza los mismos principios anteriores, sin embargo, lo hace en una escala significativamente menor y con mayor resolución.^{8,9}

Para la obtención de las imágenes se utiliza un haz muy fino de rayos X que atraviesa la anatomía del paciente, posteriormente un detector de rayos registra las diferentes atenuaciones que sufre el haz a lo largo de su recorrido por las estructuras de diferente densidad.¹⁰

Profundizando sobre la obtención de imágenes, el principio básico radica en hacer un corte de un determinado espesor en la región corporal de interés utilizando un delgado haz de radiación X. La radiación que es transmitida a través del paciente se registra mediante un detector de centelleo. Posteriormente, esta información se analiza mediante algoritmos matemáticos



y se reconstruye en forma de una imagen tomográfica en una computadora para poder visualizar la estructura de interés. ¹¹

Cabe mencionar el concepto de calidad ósea para complementar los principios de la TC. La calidad ósea es un concepto que define al hueso por su microarquitectura, el metabolismo óseo (equilibrio entre la eliminación y sustitución del hueso) y los materiales del tejido óseo. Estas características influyen directamente en la resistencia del hueso a la fractura, factor más importante para la estabilidad del implante dental. ¹²

Por otra parte, se deben mencionar que dentro las características del hueso encontramos su densidad mineral ósea (DMO). Por ende la definimos como el término usado en medicina para referirse a la cantidad de materia mineral, generalmente fósforo o calcio, por unidad de área en los huesos. ¹³

Como lo menciona Rocha Días y colaboradores¹⁴ la valoración de la microarquitectura del hueso de los maxilares en vivo puede ayudarnos a entender la influencia de la dureza ósea en la interfase que existe entre un implante y el hueso, así como la carga mecánica que tiene que soportar.

Por otra parte, Tejeda ¹⁰ nos explica que un haz emisor de rayos X no es estático, sino que gira dentro de un anillo de 360 grados llamado gantry en torno al paciente, y tiene un espesor muy fino de 1 a 10 mm. A su vez, los chasis reflectores de los rayos X giran de forma simultánea en torno al paciente, pero en el extremo opuesto al haz emisor. En cada disparo o corte se tiene información sobre la posición y absorción de radiación de cada punto situado dentro del gantry en un espesor de 1 a 10 mm que se reflejará en la pantalla del ordenador como otro punto o pixel. Tras la información de posición por medio de cortes secuenciales, la mesa de exploración avanza o retrocede una medida determinada y realiza la misma secuencia de giro, y así sucesivamente hasta completar la exploración requerida.



En una segunda fase se realiza la reconstrucción de las imágenes en píxeles, basándose en los datos recogidos, y una computadora asigna a cada punto una posición en la imagen y una densidad medida en unidades de referencia que se corresponde con un valor en una escala de grises y está en relación con su atenuación del haz de rayos X.

La densidad o consistencia de las estructuras anatómicas radiadas con el tomógrafo tienen asignadas un valor de absorción, el cual se calcula con referencia al agua (la cual tiene un valor de 0 de absorción). Estas unidades se denominan Unidades Hounsfield (HU). En tejidos mineralizados como el esmalte van de 2500 a 3000, en contraste con tejidos mesenquimales como el músculo, que van de 35 a 70.

A continuación se enlistan los diferentes tejidos y sus correspondientes unidades Hounsfield (tabla 1).³

Tabla 1. Diferentes estructuras anatómicas y sus respectivas unidades de atenuación	
Elemento	Unidad Hounsfield
Aire	-1000
Agua	0
Músculo	35-70
Tejido fibroso	60-90
Cartílago	80-130
Hueso trabecular	150-900
Hueso cortical	900-1800
Dentina	1600-2400
Esmalte	2500-3000



Tras la obtención de las imágenes, su posterior tratamiento en el ordenador permite variar la imagen agrupando las diferentes zonas con una misma densidad obteniendo una ventana, lo que permite una fácil diferenciación para el ojo humano. ¹⁰

1.3 Indicaciones y contraindicaciones

Entre las distintas técnicas de diagnóstico mediante imagen empleadas en odontología, la TC es el único método que permite valorar adecuadamente el hueso y no provoca distorsiones geométricas. Hay autores que la señalan como el método ideal para la planificación preimplantológica. ⁷

Además, puede ser utilizada también para estudiar extensiones de tumores, localización de cuerpos extraños en tejidos duros y blandos, para extensiones de biopsias, planeamientos de cirugías ortognáticas y para identificar diferentes patologías. ¹²

Indicaciones y contraindicaciones de acuerdo a la clasificación de tomografías

La tomografía puede clasificarse según el equipo o el movimiento que emplea. En el caso del equipo, éste puede ser convencional o computarizada.

La TC es un tipo de tomografía que obtiene múltiples imágenes al efectuar la fuente de rayos X y los detectores de radiación movimientos de rotación alrededor del cuerpo. La representación final de la imagen tomográfica se obtiene mediante la captura de las señales por los detectores y su posterior proceso mediante algoritmos de reconstrucción. ¹⁰

Esta tomografía está contraindicada en pacientes embarazadas, claustrofobia severa, pacientes psiquiátricos y pacientes con enfermedad de Parkinson. ¹⁵

Dentro de la computarizada encontramos a la tomografía computarizada de haz cónico (Cone-Beam) y a la microtomografía computarizada. La primera,



como ya mencionamos anteriormente, obtiene imágenes tridimensionales del complejo maxilofacial con una dosis de radiación mínima, y la segunda, es capaz de tomar cientos de radiografías para generar una sola imagen en tercera dimensión a pequeña escala.

La tomografía computarizada de haz cónico está indicada para: evaluación para la colocación de implantes, evaluación del estatus de implantes previamente colocados, valoración del estatus de los componentes óseos de las articulaciones temporomandibulares, y la relación entre ellos, observación y valoración de las patologías que afectan los huesos maxilares, valoración de las estructuras relevantes antes de la colocación de tratamiento ortodóntico, tales como la presencia y posición de caninos y terceros molares impactados, así como dientes supernumerarios, valorar la simetría facial mediante la cefalometría, evaluación de las vías aéreas, planificación de cirugía ortognática y control postoperatorio y para la evaluación del trayecto y forma del canal mandibular.

Está contraindicada para pacientes embarazadas y pacientes con problemas psiquiátricos.⁹

Por otra parte, la microtomografía computarizada está indicada para cuando surge el requerimiento de reproducción de imágenes de tercera dimensión a menor escala. Su contraindicación radica en la necesidad de generar imágenes de estructuras de mayor tamaño.

De acuerdo al movimiento que emplea, la TC puede ser: lineal, circular, elíptico, hipocicloidal y espiral.¹⁶

A continuación se describirá con mayor detalle la diferencia entre las tomografías según el equipo empleado.



La tomografía convencional es un tipo de tomografía que se basa en el uso de una placa radiográfica y un tubo de rayos X convencionales para generar imágenes de cortes en distintos niveles. El agregado del movimiento durante la exposición determina el borramiento de estructuras localizadas por fuera del plano focal deseado. El movimiento puede ser simple (lineal) o complejo (circular, helicoidal o hipocicloide).¹⁷ No hay que olvidar que la tomografía, al igual que las radiografías convencionales, se basa en el empleo de radiación ionizante.⁷ Las imágenes que produce se ven en secciones del grosor de 1 pixel (0.25 mm) y en un plano de resolución de 1 pixel para el espacio escaneado (0.5 a 1.5 mm).

La tomografía convencional puede utilizarse para detectar, definir y determinar de manera más precisa lesiones óseas y articulares (p. ej., fracturas complejas y lesiones óseas poco evidentes) debido a la eliminación de estructuras subyacentes que puedan enmascarar estas alteraciones. Este método fue reemplazado casi por completo por la TC.¹⁷

La tomografía lineal está indicada por el estudio de pre implantes y post implantes, localización de dientes incluidos, estudio de lesiones quísticas y ubicación de cuerpos extraños. Esta tomografía brinda la obtención de cortes sagitales y coroneales de la mandíbula y el maxilar, el área de estudio se observa sin la distorsión o deformación que produce la radiografía panorámica y en los cortes transversales se observan los rebordes alveolares, la altura, el espesor óseo, el grosor de las corticales alveolares y la distancia con respecto a estructuras críticas. Para realizar cortes sagitales el paciente se ubica, con la zona a estudiar en forma paralela al chasis y a través de una fibra óptica que posee el tomógrafo, que pasa exactamente sobre el reborde alveolar captando la imagen.^{11, 18}



La tomografía espiral es un tipo de tomografía en el que la máquina de rayos X explora el cuerpo en un recorrido con movimientos en espiral. Se utiliza para alto contraste en regiones anatómicas cuya geometría cambia en distancias cortas como los alveolos de los dientes. Esta tomografía usa la tecnología convencional en combinación con una tecnología de anillos deslizantes que es capaz de proveer simultáneamente el alto voltaje que requiere el tubo de rayos X, el bajo voltaje para el control de la unidad y la transmisión de la información digital procedente de los detectores. El anillo deslizante es un aparato circular con cojinetes deslizantes que le permiten a la grúa rotar en forma continua mientras la mesa del paciente se mueve simultáneamente en su interior. Este arreglo logra la reproducción de imágenes volumétricas tridimensionales. En esta técnica, se colocan zonas de sombras a distancias iguales unas de otras en una zona de atenuación para obtener imágenes topográficas usando movimientos espirales. ¹¹

1.4 Ventajas y desventajas

También podemos agrupar las ventajas y desventajas de la TC de acuerdo a su clasificación.

Tomografía computarizada

Dentro de sus ventajas se mencionan las siguientes:

- Diagnostica numerosas causas de patologías con precisión.
- Capacidad de obtener imágenes de huesos, tejidos blandos y vasos sanguíneos al mismo tiempo.
- Son rápidos y sencillos
- Excelente detalle anatómico.
- Alta resolución por diferencia de densidades
- Capacidad de realizar cortes milimétricos



- Obtención de imágenes con reconstrucción multiplanar 2D y 3D, que permiten realizar informes muy precisos con alta sensibilidad y especificidad en varias patologías.

Dentro de sus desventajas se consideran:

- Mayor costo
- Mayor radiación diagnóstica
- Menor disponibilidad ¹⁹

Tomografía computarizada de haz cónico (Cone-Beam)

Las ventajas de este tipo de tomografía son:

- Reduce la dosis de radiación a comparación de la TC
- Costo menor que la TC
- Permite reconstrucciones en 3D de los huesos maxilares
- Exactitud de reproducción
- Alta resolución

Por el contrario, en sus desventajas se menciona:

- A pesar de ser de costo menor que la TC, su precio es elevado.
- No presentan la resolución de las radiografías convencionales de uso odontológico. ⁴

La figura 1 muestra una imagen tomográfica computarizada de haz cónico con un corte axial. ²⁰



Figura 1. Imagen tomográfica computarizada de haz cónico con un corte axial.

1.5 Técnicas de reconstrucción de imagen

Para poder analizar los datos generados por la TC necesitamos reconstruir las imágenes obtenidas. Los objetivos del diagnóstico por imagen dependen de la cantidad y del tipo de enfermedad que el paciente presente.

Una vez que el equipo de TC ha terminado el barrido de la zona de interés, la computadora contiene una serie de datos crudos que constituyen la información volumétrica de las estructuras a analizar. Las diferentes maneras para analizar los datos se denominan técnicas de reconstrucción de imagen.

La misión del odontólogo es transmitir al radiólogo qué información necesita para que éste decida qué forma de reconstrucción de imagen es la más adecuada para los objetivos de tratamiento que se esperan lograr. ⁷

Las técnicas de reconstrucción de imagen actualmente disponibles son:



Representación de superficie sombreada

Proporciona una visión tridimensional de la superficie de una estructura de interés. Tiene valor en las fracturas o subluxaciones. ²¹

Representación volumétrica

Valora todos los datos de volumen vistos desde una perspectiva concreta. Para diferenciar las estructuras, el radiólogo asigna diferentes valores de opacidad en función de los rangos de atenuación que definen a cada tejido que quedarían representados por colores diferentes. En la representación volumétrica, los tejidos se diferencian por capas o superposiciones, teniendo imágenes muy realistas y útiles para analizar la relación entre los tejidos blandos y el hueso. ²²

Proyección de máxima intensidad (MIP)

La MIP se genera proyectando los cortes de un volumen sobre una sección plana, de espesor variable, con una dirección determinada con valores de TC en ese plano escogido. Estas proyecciones son útiles para analizar las estructuras óseas o los vasos sanguíneos, particularmente las arterias. En caso de que el objeto de estudio sean los vasos abdominales es conveniente evitar la administración de medio de contraste oral, pues podría interferir con la representación vascular. ²¹

Reconstrucción multiplanar (MPR)

Son imágenes que se pueden reconstruir y representar en múltiples planos arbitrarios a partir de las imágenes transaxiales agrupadas en un volumen. Pueden ayudar para proporcionar datos extras para el diagnóstico. El plano de orientación, el espesor y el espaciado entre los cortes es variable y se escogen en función del problema diagnóstico. ²³

La figura 2 ilustra diferentes técnicas de reconstrucción de imagen. ⁷

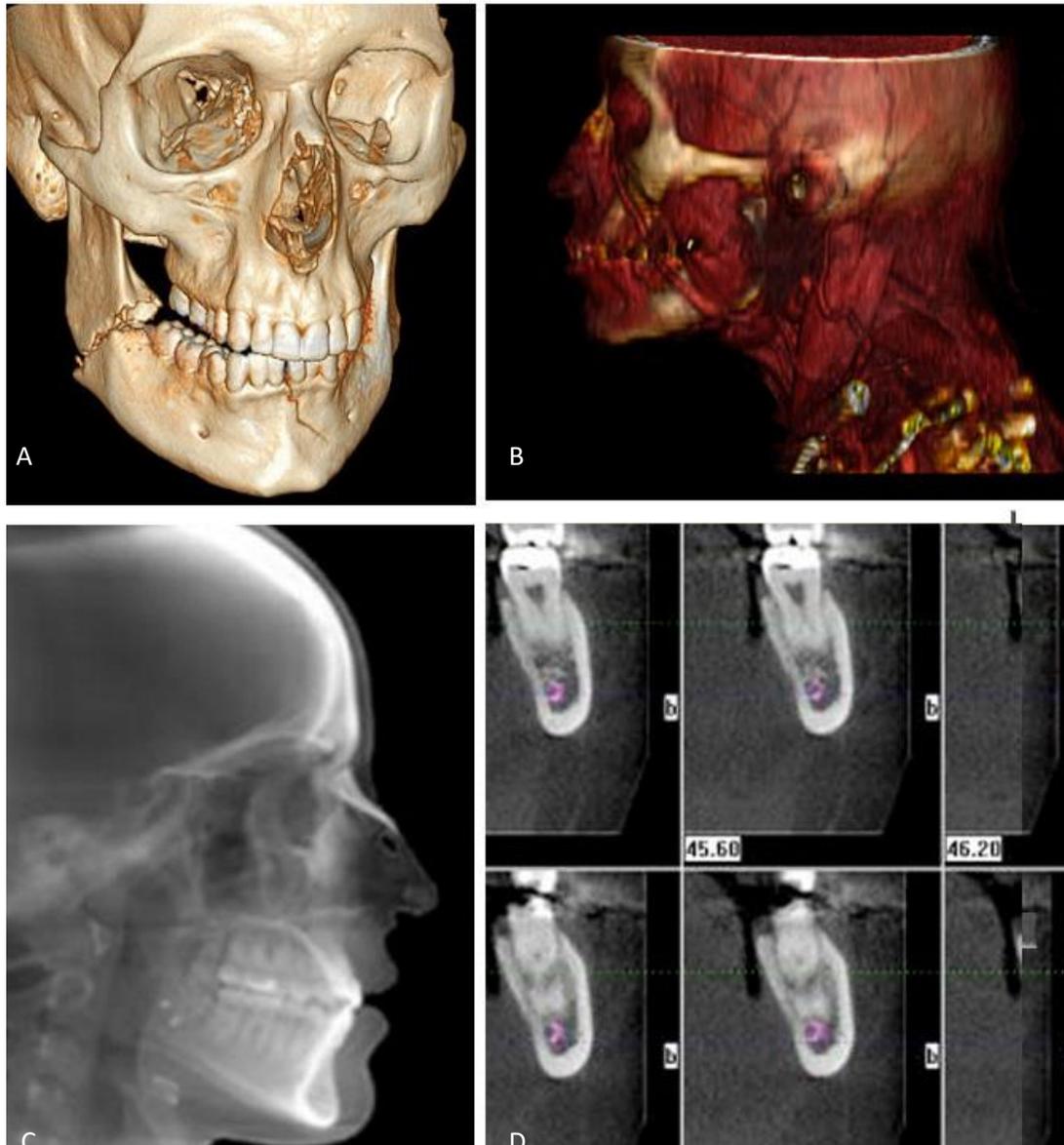


Figura 2. Representación gráfica de las diferentes técnicas de reconstrucción de imagen. A. Reconstrucción de superficie sombreada; B. Reconstrucción volumétrica; C. Reconstrucción con proyección de máxima intensidad; D. Reconstrucción multiplanar.

En las figuras 3 y 4 se muestran diferentes imágenes reconstruidas a partir de una tomografía computarizada. ²⁰

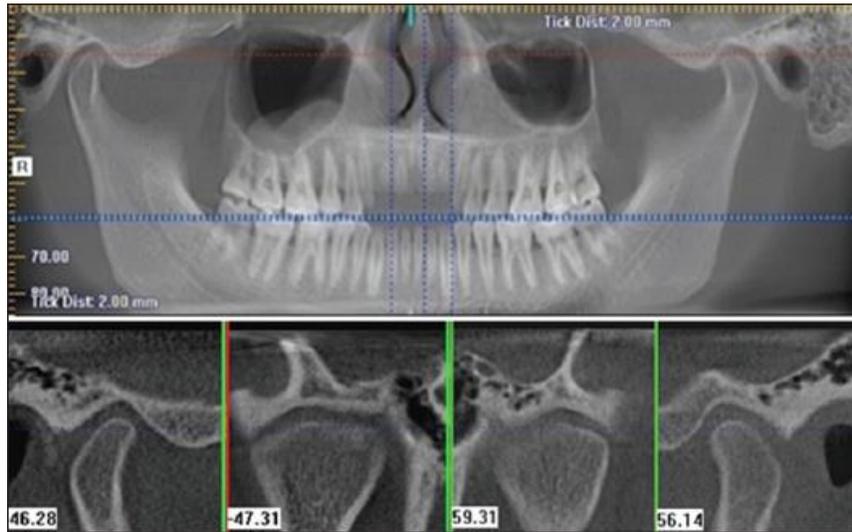


Figura 3. Imágenes tomográficas computarizadas de haz cónico.

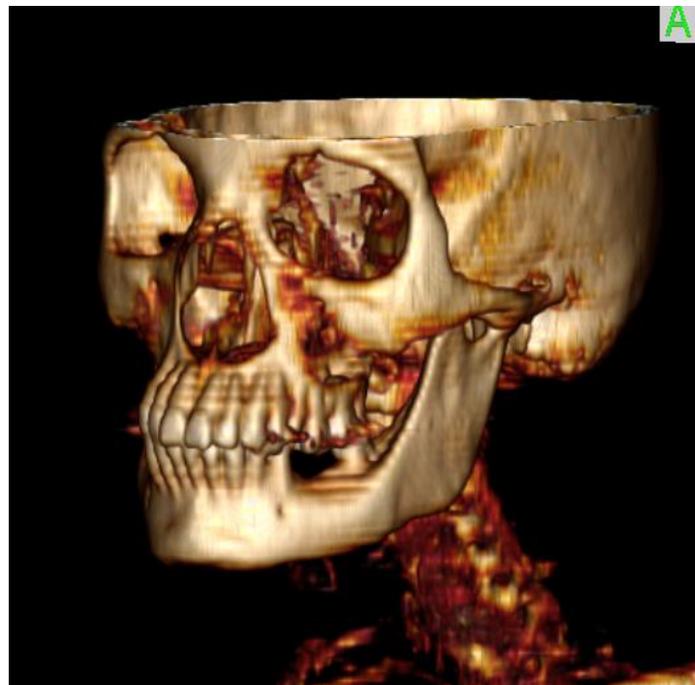


Figura 4. Imagen tomográfica de haz cónico, reconstrucción 3D



En la actualidad los implantes dentales son, de forma usual, aplicados por medio de un proceso quirúrgico de dos fases o estadios, en el cual la fijación es implantada en el lecho óseo y se permite su cicatrización y osteointegración sin carga hasta por lo menos seis meses, no obstante, cada vez existe más interés en encontrar vías que permitan el asentamiento de los implantes y su puesta en función en una sola fase quirúrgica con carga inmediata o temprana, como por ejemplo, el uso de superficies bioactivas, variaciones del diseño, rugosidades adecuadas o aplicación de factores de crecimiento óseo. ²⁴



CAPÍTULO II. IMPLANTES DENTALES

La implantología es la disciplina de la odontología que se ocupa del estudio de los materiales aloplásticos dentro o sobre los huesos maxilares para dar apoyo a una rehabilitación dental. Tiene como objetivo sustituir dientes perdidos mediante la colocación quirúrgica de un implante dental en el hueso maxilar o mandibular. Así pues, el implante dental es un material aloplástico insertado quirúrgicamente que sustituye la raíz de un diente ausente ²², cuya función es restaurar la salud bucal devolviendo confort al paciente, así como la función oral, fonética y estética. ^{24,25}

Profundizando en lo anterior los materiales aloplásticos son sustancias inertes, extrañas al organismo humano, que se alojan en pleno tejido óseo, o por debajo del periostio. ¹⁵

Por lo tanto, es de suma importancia conocer con exactitud la anatomía del complejo maxilofacial en el tratamiento con implantes dentales, pues constituye el sitio receptor de estos.

Además un aspecto importante es considerar si el paciente cuenta con las condiciones de salud integral y oral para permitir el procedimiento quirúrgico adecuado, prevenir el riesgo de periimplantitis y disminuir el fracaso de los implantes. ²

Todo procedimiento quirúrgico representa un proceso dinámico que incluye inflamación, cicatrización y por ende regeneración del área de interés.

Dentro de las ventajas en la colocación de implantes dentales podemos mencionar que evitan el deterioro del resto de los diente sanos por el constante uso de las dentaduras removibles, brindan un excelente soporte y estabilidad con la masticación, poca probabilidad de causar rechazos en el paciente ya que están fabricados con materiales biológicamente compatibles, tiene una



durabilidad superior, preservan el hueso alveolar evitando su reabsorción, evitan el desgaste de dientes adyacentes, y requieren una higiene relativamente sencilla.

Es importante mencionar que la rehabilitación por medio de implantes dentales requieren de técnicas de diagnóstico especializadas, una inversión económica mayor por parte del paciente y el clínico, además de que siempre existe el riesgo quirúrgico. ²⁶

2.1 Principios de los implantes dentales

Los implantes dentales han de estar fabricados con materiales biocompatibles, diseñados de forma que permita una correcta sustitución de las piezas dentarias perdidas. ²⁴

En general, los implantes dentales son fabricados de titanio comercialmente puro debido a su comprobada biocompatibilidad, es decir, la aceptación por parte de los tejidos vivos. ²⁷

La obtención de éxito en los implantes se debe a la osteointegración, definida por Branemark como la conexión estructural y funcional directa entre el hueso vivo y la superficie de un implante sometido a carga funcional. ²⁸

Otro factor importante para el éxito de los implantes es la biocompatibilidad, concepto que se define como la capacidad de un material para actuar con una respuesta adecuada del medio biológico en el cual es utilizado.

El mayor avance en implantología oral, fue el uso del titanio. Es un metal que forma una capa de óxido que previene la liberación de iones desde el núcleo del implante, siendo este óxido, además, biocompatible y con mínima respuesta inmune, considerándose un material excepcionalmente bien tolerado por el cuerpo. ²⁴ Puede ser sometido a una gran variedad de



modificaciones superficiales, tanto químicas como físicas, las cuales influyen en la respuesta del tejido hospedador.

Se considera al titanio como el material de elección para los implantes dentales, con gran variedad de modelos y modificaciones superficiales existentes, con los que se consiguen tratamientos predecibles y con porcentajes de éxito del 86 al 99% después de 15 años. Este éxito de los implantes en el hueso requiere biocompatibilidad y estabilidad mecánica que permita la formación y el mantenimiento de tejido óseo a su alrededor, es decir, su osteointegración.²⁵

Otro aspecto importante del implante dental es la biomecánica. Los resultados a largo plazo pueden verse afectados por las condiciones de carga de la prótesis y especialmente por el nivel de estrés que sufren los implantes. Por lo tanto, para minimizar el riesgo de sobrecarga y optimizar el resultado estético final, los implantes de sistema Branemark ahora están disponibles en tres diámetros diferentes: plataforma estrecha, regular y ancha.²⁹

Actualmente se utiliza el plasma de titanio y la hidroxiapatita como materiales para cubrir la superficie externa del cuerpo de los implantes. El plasma de titanio crea una superficie rugosa y continua, a pesar de ser altamente porosa, caracterizada por formas redondeadas. Éste aumenta el área de la superficie aproximadamente entre 6 y 10 veces. Desde el punto de vista clínico, la cubierta de plasma de titanio ofrece tres ventajas sobre una superficie de titanio con estructura lisa o pulida:

- Aposición ósea acelerada en la fase inicial de cicatrización.
- Aumento en el área de la superficie en contacto del implante con el hueso.
- Mejora del anclaje del implante.



La hidroxiapatita se utiliza como material bioactivo para establecer una unión química con el hueso y así conseguir la biointegración. ²⁸

Con lo anterior, se favorece la interfase implante dental / tejido blando o duro, que se caracteriza por las propiedades favorables al crecimiento y formación de nuevo hueso alveolar que posee el implante en su superficie.

Factores como el uso de materiales y superficies que se integran en el hueso creando una relación rígida entre el implante y el tejido óseo, el perfeccionamiento de las técnicas de colocación de modo aséptico que causan un mínimo trauma a los tejidos hospedadores y que ajustan perfectamente la fijación haciendo que sea estable, y múltiples investigaciones en distintos campos, hacen que los implantes mejoren cada vez más en función y aceptación. ²⁴

Limitantes de los implantes dentales

En el momento de la colocación de los implantes dentales, nos podemos encontrar con diversas limitantes como pueden ser: el uso de la anestesia local y la falla de éste, el movimiento del paciente, la visualización escasa del campo operatorio, llevar a cabo una cirugía con elementos limitados en un ambiente quirúrgico tridimensional.

Por lo anterior, es de suma importancia la planificación del tratamiento con recursos en segunda y tercera dimensión. Para lograr esto, la imagenología nos lo facilita con técnicas convencionales y avanzadas.

Dentro de las técnicas convencionales podemos mencionar las radiografías periapicales, oclusales, cefalométricas, panorámicas, de aleta de mordida y digitales.



Así pues, las técnicas imagenológicas avanzadas abarcan la resonancia magnética, la tomografía convencional, la tomografía computarizada y la tomografía computarizada de haz cónico. ²⁵

Importancia de la imagen en tercera dimensión en la colocación de implantes dentales

Por lo anterior, es importante hacer un diagnóstico completo de cada paciente, por lo que se cuentan con distintos auxiliares para llevarlo a cabo, dentro de los cuales se pueden mencionar la historia clínica, la exploración clínica, toma de modelos de yeso, recursos imagenológicos, entre otros.

Uno de los recursos más importantes y aportadores es la imagen en tercera dimensión. ⁹

El lecho de los implantes dentales se encuentra en una zona anatómica que involucra tejidos en tercera dimensión, nos referimos al complejo maxilofacial. ²

Es de suma importancia que los medios auxiliares de diagnóstico para los implantes dentales sean en tercera dimensión, ya que la anatomía del paciente lo requiere. Si el diagnóstico no está destinado a localizar de manera precisa cada una de las limitantes anatómicas que se nos presentan, fácilmente podríamos incurrir en un error. ⁴

2.2 Tipos de pilares para implantes dentales

Las estructuras periimplantarias dependen del sistema del implante, la posición y el procedimiento clínico utilizado.

El titanio ha sido el material utilizado por excelencia en implantología por sus excelentes propiedades mecánicas y biocompatibilidad, pero nuevos materiales como el zirconio se están utilizando cada día más, para suplir el principal inconveniente del titanio, la estética. ³⁰



A continuación mencionaremos las diferencias entre estos dos distintos tipos de pilares para implantes dentales de acuerdo a los materiales con que son fabricados (tabla 2).^{31, 32}

Tabla 2. Diferencias entre pilares de titanio y zirconio	
Titanio	Zirconio
Extraordinaria biocompatibilidad.	Simplificación de óxido de zirconio (ZrO ₂).
Muestra gran resistencia a la corrosión, lo cual lo hace permanecer químicamente inerte.	Solucionan una de las dificultades y complicaciones estéticas que ocurren con más frecuencia al poner implantes en la zona anterior, en la línea de la sonrisa, en casos con retracción de encía.
Puede permanecer en el cuerpo por tiempo indefinido.	Evitan la transparencia negra en el margen gingival de la encía al tener la ventaja de poseer un color adaptado al diente.
Posee gran números de módulos de elasticidad.	Disponen de la capacidad de cerrar microfisuras a modo de una autoreparación hasta cierta carga, de este modo se impide un ensanchamiento de fisuras.
No se han descrito reacciones alérgicas a este metal.	Tienen una resistencia contra roturas de 403 a 672 Newton.
Permite evaluaciones post-quirúrgicas adecuadas con estudios radiográficos.	
No es estético en la zona del margen gingival.	



CAPÍTULO III. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA COMO MÉTODO DE EVALUACIÓN AUXILIAR EN IMPLANTOLOGÍA

Para una adecuada rehabilitación en odontología es necesario tomar en cuenta prerequisites como son: un volumen óseo adecuado (horizontal, vertical y alrededor de los implantes), una posición óptima del implante (mesio distal, apico coronal, bucolingual y su angulación), así como tejidos periodontales estables y sanos. ⁴

Lo anterior nos ayuda a entender que la anatomía del complejo maxilofacial es tridimensional, por lo que los estudios de imagen en dos dimensiones dificultan la evaluación de dichas estructuras 3D. ^{2, 28}

Por otro lado la TC arroja un excelente detalle anatómico, una alta resolución de las diferentes densidades óseas, permite realizar cortes milimétricos, así como una reconstrucción en 3 dimensiones de la zona estudiada. En el caso de las regiones anatómicas de la zona estudiada nos referimos a estructuras como:

- Forámenes: infraorbitario, palatino mayor, palatino menor, incisivo, mandibular, mentoniano.
- Conductos: mandibular, mentoniano, palatino, incisivo.
- Fosas: canina, incisiva submandibular, sublingual.
- Cavidades: nasal y antral.
- Nervios y plexos vasculares: mandibular, palatino mayor, mentoniano, infraorbitario, incisivo, lingual y bucal largo.
- Huesos: frontal, temporal, cigomático, etmoides, nasal, lagrimal, parietal, estenoides, maxila y mandíbula. ²

3.1 Análisis de estructuras anatómicas en tomografía computarizada

La gran ventaja que aporta la TC frente a la radiografía convencional es que se puede obtener información volumétrica de todas las superficies. ⁴ Podemos hacer a partir de ella evaluaciones que nos permitirán hacer un mejor diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento adecuado para la colocación de implantes dentales. Así pues, encontramos que a partir de la TC podemos hacer:

Evaluación periodontal adecuada

La radiografía convencional bidimensional presenta varias limitaciones a la hora de determinar los niveles de hueso en las zonas bucal y lingual así como la pérdida parcial del grosor de hueso interdental. Con la TC se resuelven los problemas de proyección de las radiografías periapicales y de aletas de mordida. ⁴

La figura 5 muestra una imagen transversal de las corticales vestibular y palatina. ⁷

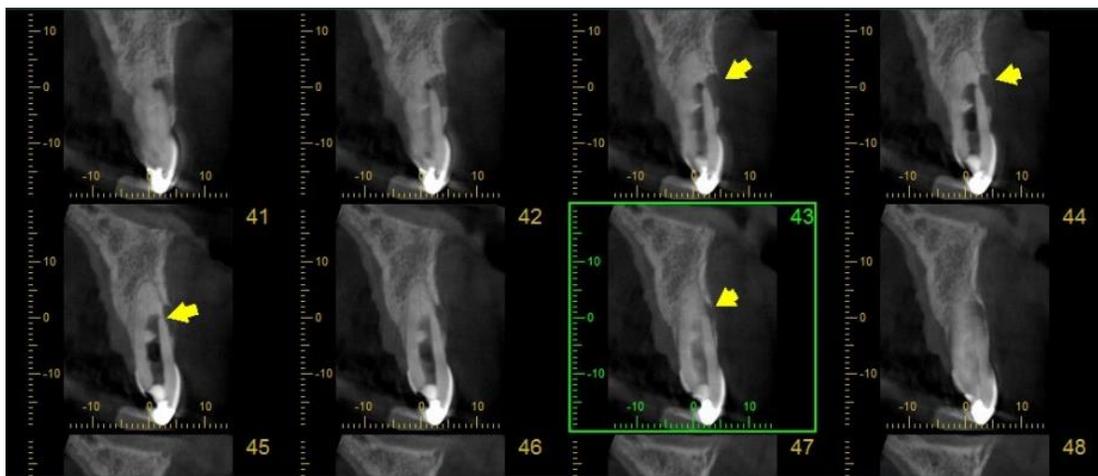


Figura 5. Imagen transversal de corticales



Sin duda, la TC se comporta de manera muy superior en el análisis de los defectos periodontales artificiales bucales o linguales al compararlo con la radiografía convencional.³³

Determinación del volumen, forma y posición de los huesos

La TC permite determinar el grosor y la forma del hueso en general y en determinadas zonas, la planificación y seguimiento de procedimientos terapéuticos como la colocación de implantes o la expansión maxilar rápida.³⁴

Rehabilitación en implantología

Los escáneres de TC convencionales han sido utilizados de forma rutinaria para analizar las dimensiones de hueso, la calidad y la altura del hueso alveolar.²⁶

La TC optimiza el plan de tratamiento con implantes dentales, con los usos y beneficios que se exponen a continuación⁴:

- Para localizar y determinar la distancia a las estructuras anatómicas vitales.
- Medir la anchura del hueso alveolar y visualizar el contorno del hueso.
- Determinar si es necesario un injerto de hueso o un levantamiento de seno.
- Seleccionar el tamaño y el modelo de implante más adecuado.
- Optimizar la localización del implante y su angulación.
- Reducir los tiempos quirúrgicos.

Con lo mencionado anteriormente podemos evaluar si el paciente cumple con los prerequisites para una rehabilitación en implantología como son: que el paciente tenga un volumen óseo adecuado (horizontal, vertical y en los

alrededores del implante), que tenga unos tejidos periodontales estables y sanos, unos contornos estables lisos y que el profesional evalúe que la posición mesiodistal, apicocoronal, bucolingual en el que será colocado el implante sea óptimo con la angulación correcta. ⁴

Si además se utiliza la localización de implantes con una guía basada en escáneres TC de 3D, todos los beneficios anteriores aumentan.

En la siguiente imagen podemos observar estas características en un paciente candidato a implante dental (figura 6). ²⁰

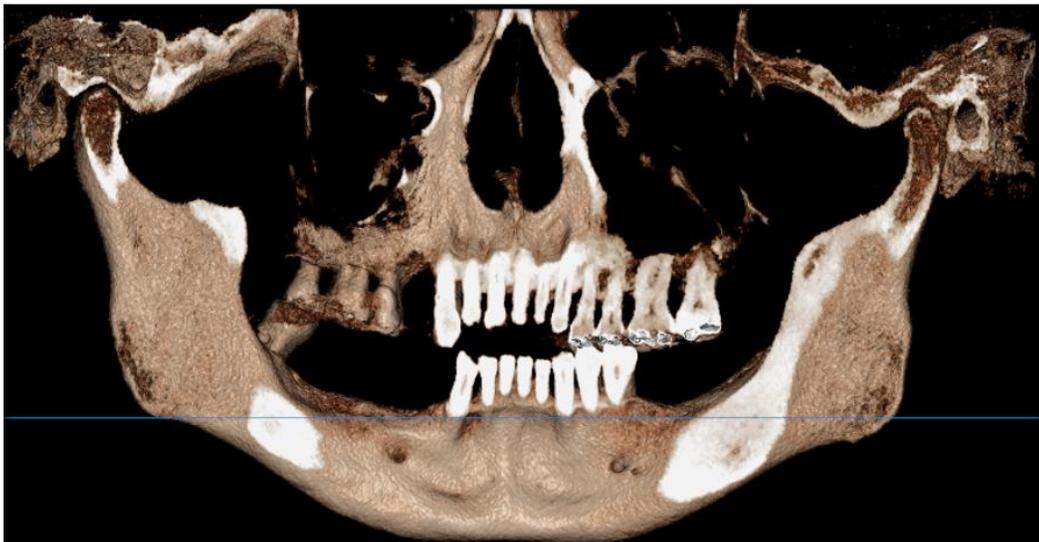


Figura 6. Imagen tomográfica de haz cónico vista en tercera dimensión.

3.2 Densidad y estructura ósea

Las limitaciones que encontramos al colocar implantes dentales se entienden clasificando las estructurales óseas existentes. Se analizan con base en las diferentes clasificaciones, de las cuales las mayormente utilizadas son las que abarcan el concepto de volumen tisular, en este caso, el hueso.

Por lo tanto, las estructuras óseas las podemos analizar gracias a las clasificaciones de Misch y de Lekholm y Zarb. En 1988 Misch³ divide el hueso remanente en cuatro grupos de densidad ósea, en función de las características macroscópicas del hueso cortical y trabecular. Estas cuatro diferencias macroscópicas del hueso pueden abarcar desde la más densa hasta la menos densa:

- **D1.** Hueso cortical denso
- **D2.** Hueso cortical entre denso y poroso, pero grueso en la cresta y por dentro un hueso trabecular espeso
- **D3.** Cresta con cortical porosa más delgada y hueso trabecular fino
- **D4.** No tiene casi ninguna cortical ósea en la cresta. El hueso trabecular fino constituye casi la totalidad del volumen óseo.

La figura 7 muestra las distintas densidades óseas según Misch.³

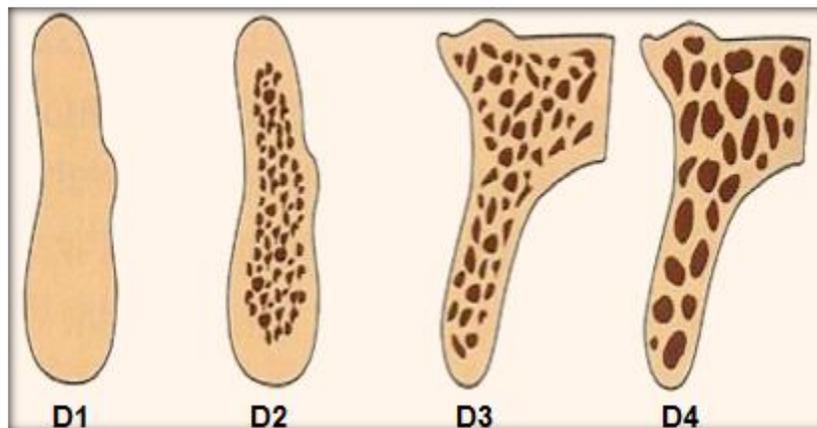


Figura 7. Diferentes tipos de densidad ósea según Misch.

Lekholm y Zarb³ hacen una clasificación en términos de la arquitectura del hueso remanente en zonas edéntulas con un sistema de puntos/valores. (1) calidad constituida por hueso compacto homogéneo, (2) calidad representada

por una capa gruesa de hueso compacto alrededor de un núcleo de hueso trabecular denso, (3) calidad que corresponde a una capa fina de hueso cortical alrededor de un hueso trabecular de resistencia favorable, (4) calidad representada por una capa delgada de cortical rodeando un núcleo de hueso trabecular de baja densidad. ¹³ La figura 8 muestra los diferentes tipos de calidad de hueso. ³

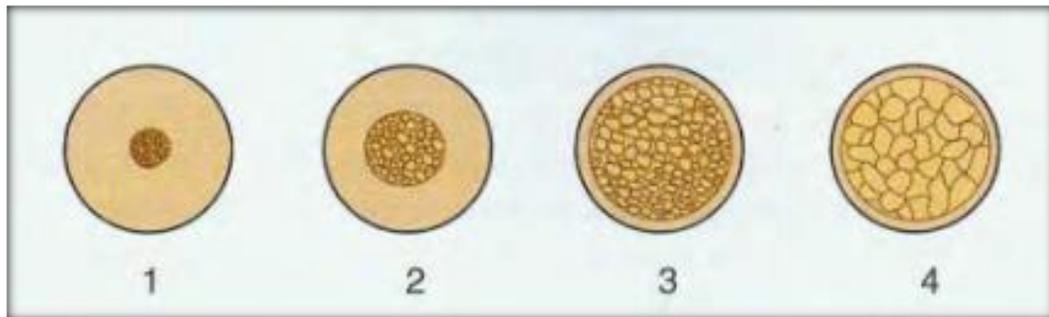


Figura 8. Diferentes tipos de calidad de hueso según Lekholm y Zarb.

La evaluación de la calidad ósea radiológica debe ser un elemento esencial en la planificación de implantes antes de la cirugía, ya que es un método ampliamente disponible y relativamente no invasivo para los pacientes.

El profesional puede pensar inicialmente en radiografías intraorales y panorámicas, teniendo en cuenta su amplia disponibilidad en la salud bucal; sin embargo, la naturaleza del sitio quirúrgico requiere el uso de la tomografía dental, ya que puede ofrecer imágenes en 3D de alta calidad.

En la práctica, el emplear técnicas radiográficas convencionales, dificulta la valoración objetiva de la calidad preoperatoria de hueso esponjoso disponible para el soporte adecuado del implante. ³

Las escalas de evaluación de la calidad ósea fueron propuestas para proporcionar una valoración preoperatoria de la calidad del hueso. Sin

embargo, no existe un sistema único universalmente aceptado para la clasificación de la calidad ósea en el maxilar y mandíbula.

El método más comúnmente aplicado durante la evaluación preoperatoria del implante es el de Lekholm y Zarb, mencionado anteriormente.³⁵

La figura 9 muestra la aplicación de la escala de Lekholm y Zarb en una TC.³

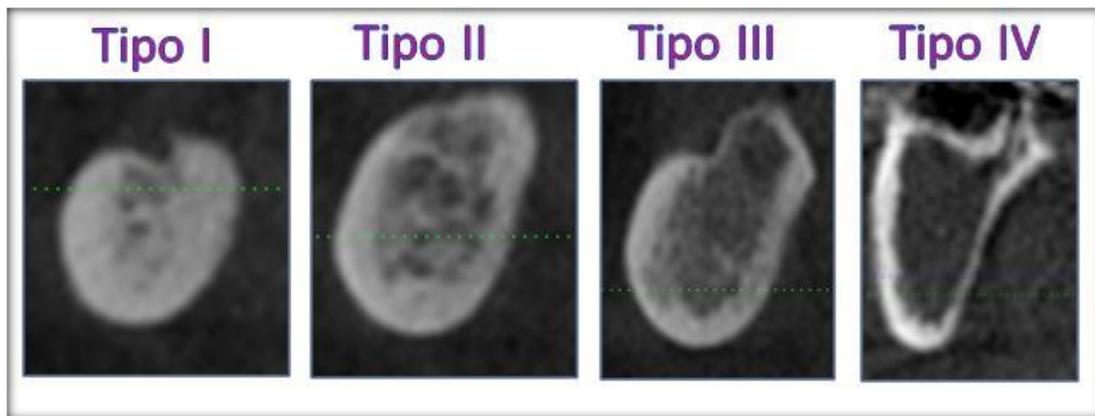


Figura 9. Sistema de clasificación de calidad ósea según Lekholm y Zarb aplicado a una TC.

Es importante mencionar que también existen escalas para la valoración del volumen óseo. Por ejemplo, la clasificación anatómica más utilizada es la de Cawood y Howell, que utiliza seis niveles:

- Clase I. Maxilar dentado.
- Clase II. Aspecto tras la pérdida o extracción de la pieza dental.
- Clase III. Comienza resorción ósea, con una morfología redondeada de la cresta alveolar.
- Clase IV. La cresta adopta una morfología en "filo de cuchillo".
- Clase V. Se reduce la anchura y altura, con una morfología plana del proceso alveolar.
- Clase VI. Atrofia severa con una capa fina de hueso.^{13, 36}



Otra clasificación de volumen óseo puede ser la siguiente ²⁷:

Hueso clase A (hueso abundante)

La clase A con hueso abundante a menudo se forma pronto tras la extracción dental.

Este hueso se caracteriza por:

- Anchura mayor a 6 mm.
- Altura mayor a 12 mm.
- Longitud medio distal superior a 7 mm.
- Angulación de la carga oclusal menor a 25°.
- Altura del espacio para la corona aproximadamente 15 mm.

Hueso clase B (hueso casi suficiente)

Según se produce la reabsorción ósea, disminuye la dimensión transversal disponible del hueso.

Esto ocurre sobre todo a expensas de la cortical vestibular, puesto que es más fina que la bucal, especialmente en el sector anterior.

En estos casos la cresta ósea muchas veces es insuficiente para implantes con forma de raíz de 4 mm de diámetro. En el maxilar posterior la reabsorción es máxima (la más rápida en las superficies ósea intrabucales), a lo que se une la expansión del seno maxilar edéntulo. El resultado de todo esto es que los sectores posteriores muestran una altura insuficiente antes que los anteriores.



Hueso clase C (hueso comprometido)

Este hueso es deficiente en una o más dimensiones (anchura, altura o angulación), independientemente de la posición del implante dental en el área edéntula.

El patrón de reabsorción se produce primero en anchura y posteriormente en altura. Como consecuencia de esto, a pesar que la altura se mantiene, el reborde de clase B se reabsorbe en anchura hasta que resulta inadecuado para cualquier diseño con implantes dentales.

El hueso de clase C se puede también describir como una atrofia moderada avanzada.

El hueso de clase C se caracteriza por:

- Anchura de 0 a 2,5 mm.
- Altura inferior a 12 mm.
- Angulación de la carga oclusal superior a 30°.
- Espacio disponible para la corona en altura superior a 15 mm.

Hueso clase D (hueso deficiente)

La reabsorción ósea a largo plazo puede producir una pérdida completa del reborde residual acompañado de una atrofia del hueso basal. La atrofia intensa se corresponde con el reborde clínico de clase D.

El hueso de clase D cumple:

- Pérdida de hueso basal.
- Maxilar plano.
- Mandíbula con espesor de lapicero.
- Más de 20 mm de altura de corona.



Influencia de la densidad y calidad ósea en los implantes

La densidad y calidad ósea se relacionan directamente con la resistencia del hueso para los implantes. Tienen una influencia predominante en la estabilidad del implante, la cual es un factor determinante para su éxito.³⁷

El proceso de remodelación se lleva a cabo en las superficies óseas, fundamentalmente en la endostal y, en condiciones normales, el 75% de las superficies del hueso trabecular y alrededor del 95% del cortical se encuentran en reposo. La diferencia entre la cantidad de hueso que se destruye y la que se forma en cada una de las unidades de remodelación ósea se conoce como balance óseo, siendo su valor igual a cero hasta los 30-40 años, y de aproximadamente -3% a partir de esta edad.

La velocidad de renovación ósea, o lo que es lo mismo, el volumen de hueso renovado en la unidad de tiempo, se conoce con el término de remodelado óseo (*bone turnover*). Cuando hay una adecuada coordinación temporal y espacial entre la activación de los osteoblastos y los osteoclastos se dice que existe un acoplamiento entre ambos.³⁸

Los factores que regulan el proceso de remodelación ósea sólo se conocen de modo parcial. Probablemente existen factores de naturaleza física, dado que la inactividad física condiciona una pérdida de masa ósea. Para algunos autores existiría un sistema capaz de regular la cantidad de masa ósea en función, por una parte, de la sobrecarga mecánica detectada, y, por otra, de las necesidades de resistencia del momento. Sin embargo, los factores reguladores de la remodelación mejor conocidos son los de carácter humoral. Estos, a su vez, pueden ser sistémicos (factores hormonales) o locales (factores paracrinos).³¹



La disponibilidad de hueso es especialmente importante en la implantología dental y describe la arquitectura externa o en volumen de la zona desdentada a considerar para los implantes.³⁹

Se han descrito mayor índice de fracaso en el hueso de mala calidad, en comparación con el hueso de mejor calidad.

La parte anterior de la mandíbula tiene mayor densidad ósea que la del maxilar. La parte posterior de la mandíbula muestra una densidad peor que la de la región anterior. La peor calidad ósea del entorno oral se encuentra, de forma típica, en la parte posterior del maxilar, y se asocia con tasas altas de fracaso.²⁹

En la mayor parte de las ocasiones la reducción en la supervivencia de los implantes se relaciona más con la densidad ósea que con la localización. Sin embargo, como regla general, las regiones posteriores de la boca presentan un hueso menos denso que las anteriores, tanto en el maxilar como en la mandíbula.

Por lo anterior mencionado, se concluye que la calidad y densidad ósea juegan un papel primordial en la colocación de implantes dentales.²⁴



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE CALIDAD ÓSEA

Es importante hacer un análisis minucioso del hueso que será nicho receptor de los implantes dentales para garantizar un buen diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento.

En la actualidad el interés por la calidad ósea ha ido en aumento, anteriormente observaciones tradicionales median solamente la resistencia a la fractura basados en la densitometría ósea, sin embargo, estos valores no siempre predicen los riesgos de fractura y el éxito de dispositivos protésicos, como los implantes.

Hoy en día, la evaluación de la resistencia a la fractura debe tomar tres parámetros importantes: el volumen óseo, la geometría del hueso, y en mayor medida la calidad.

En esta última hay que considerar su densidad mineral, la microarquitectura (número de trabéculas, espesor trabecular, y separación de las trabéculas), el grado y la distribución de la mineralización, la presencia de microfracturas y el metabolismo, y la composición de la matriz mineral.

Dentro de las características arriba mencionadas tanto la densidad mineral, la microarquitectura, así como el grado y la distribución de la mineralización son datos que se obtienen en las imágenes tomográficas, pero su interpretación requiere diferentes consideraciones para aportar datos validos dentro del plan de tratamiento, y garantizar un pronóstico favorable.

Actualmente en la práctica clínica es común que para la planeación de implantes solamente se tome en cuenta la densidad ósea, como en los análisis tradicionales.

Estos análisis se evalúan simplemente con el número de unidades Hounsfield, y considerando que el clínico utiliza únicamente los visores 3D (el visor



generalmente es el software incluido en el equipo tomográfico) para obtener dicho parámetro, no toma en cuenta que las unidades Hounsfield o de atenuación relacionan el coeficiente de atenuación lineal con la intensidad de la fuente de radiación del equipo. ^{40, 41}

Por lo anterior, se concluye que los valores de HU que nos aportan todos los visores son datos únicamente aproximados.

En este momento, se considera importante mencionar que, los visores o softwares, existen varias plataformas utilizadas para analizar imágenes tomográficas, tales como:

Blue Sky Plan

Software que se encuentra disponible para sistemas operativos Mac y Windows, e incluye las siguientes características:

- Vista Tangencial, que nos permite ver cualquier implante o estructura anatómica a 360°.
- Adición de dientes virtuales, con esta herramienta los implantes se pueden colocar de forma automática basado en una ubicación virtual del diente.
- Detección de colisión, permite cambiar el valor predeterminado e distancia por si se busca agregar otro implante.
- Biblioteca amplia de distintos implantes disponibles en el mercado.
- Adición de dientes pilares en 3D para facilitar plan de tratamiento.
- Extracción dental en el plan de tratamiento virtual.
- Permite la medición de unidades Hounsfield.
- Alineación de implante dental, con el que se puede crear un duplicado exacto de un implante, o alinear un implante basado en la colocación de otro implante.
- Almacenamiento de imágenes e informes para cada paciente.



- Útil para guías quirúrgicas. ⁴²

Nobel Clinician

Software disponible para sistemas operativos Mac y Windows, con las siguientes características:

- Permite la medición de unidades Hounsfield.
- Planifica el tratamiento para acortar tiempo de cirugía.
- Simula la colocación del implante dental con base a la cantidad y calidad ósea, estructuras anatómicas críticas y necesidades protésicas.
- Permite combinar imágenes de tejidos duros y blandos.
- Visión de imágenes en segunda y tercera dimensión.
- Provee exactitud protésica para la colocación de implantes respetando consideraciones anatómicas ⁴³

On Demand 3D

Software disponible para sistemas operativos Windows y Mac, es el visor de elección usado en la Facultad de Odontología de la UNAM. Incluye las siguientes características:

- Procesamiento DICOM.
- Permite localizar la posición del canal mandibular.
- Simulación de la colocación de implantes, escogiendo así la forma y tamaño del implante adecuado para cada paciente.
- Segmentación de imágenes en tercera dimensión.
- Proporciona información volumétrica de las vías respiratorias.
- Permite una endoscopía virtual.
- Permite la medición de unidades Hounsfield.
- Permite superposición de imágenes pre-operatorias y post-operatorias⁴⁴



Como se mencionó anteriormente la evaluación de la microarquitectura es un parámetro importante dentro de la evaluación ósea.

Profundizando sobre esta misma idea, el análisis de la microarquitectura ósea deberá considerar los siguientes puntos:

1) *Cuantificación del número, la separación y el grosor trabecular*

La cuantificación se calcula mediante la elaboración de cubos de la región de interés (ROI) en visores 3D. Una vez elaborado el cubo, este se analiza la aplicación Image J, utilizando el plug in BoneJ.

2) *Utilización de maniquís de hidroxiapatita como sistemas de referencia para medir la cantidad de mg-HA/cc*

Podemos utilizar este método para corregir discrepancias causadas por la falta de uniformidad de unidades Hounsfield que se da por el equipo, por lo tanto, al aplicar los maniquís también se deberá considerar los parámetros de adquisición del equipo (dosis y voltaje).⁴¹

3) *Modificación de los parámetros de adquisición considerando las características de cada paciente*

La radiación debe ser adaptada de acuerdo las características de cada paciente, como edad, sexo, compleción, etc.

Los parámetros que a continuación se mencionan siguen en investigación, y aplicación clínica no ha sido probada aún.

4) *Evaluación de la vascularización ósea*

Teniendo en cuenta que una estructura ósea sana vascularizada puede ser clínicamente más relevante, las unidades Hounsfield pueden ser superadas con facilidad en el tratamiento para implantes dentales.



Después de la mencionada necesidad de vascularización sana y un hueso trabecular bien estructurado, el uso clínico de las unidades Hounsfield como método de medición de la densidad trabecular regional debe ser cuestionado.⁴⁵

5) *Histomorfometría y marcadores bioquímicos para evaluar metabolismo, grado de mineralización y composición de la matriz ósea*

Se propone la toma de una biopsia para evaluar el hueso en un microtomógrafo y analizar con mayor detalle la cantidad y calidad ósea del paciente.

Sin embargo, este método entra en debate entre los profesionales, debido a la invasión que se produce en el paciente. Si bien la biopsia no genera mayor compromiso en el paciente, sí existe una invasión propiamente dicha.⁴¹

La medición de marcadores bioquímicos en orina y sangre podrían abrir nuevas líneas de investigación clínica para realizar análisis minuciosos de hueso, y no exclusivamente en el área de la implantología dental, sino también en otras áreas, como la de cirugía y la de prótesis maxilofacial, por mencionar algunas.



CONCLUSIONES

La tomografía computarizada es un estudio de imagen que ha adquirido gran importancia en el diagnóstico y plan de tratamiento en el área de la salud.

En la implantología su uso es de suma importancia, ya que con sus diversas aplicaciones se puede intervenir en todas las fases de tratamiento, desde el diagnóstico, planificación y pronóstico.

La tomografía computarizada es un método de diagnóstico que permite evaluar la estructura ósea, definiendo así su cantidad y calidad, limitaciones anatómicas, etc.

Los softwares para la reconstrucción de imágenes o visores son útiles para simular la anatomía tridimensional del complejo maxilofacial. Sin embargo, la gran cantidad de información que se obtiene requiere de un profundo entendimiento de los principios físicos de la tomografía, y de los diferentes tipos de análisis que se pueden utilizar en el contexto de esta particular técnica de imagen.

La evolución en el hardware de los equipos tomográficos ha sido complementado con los refinamientos del software permitiendo una planeación más exacta durante la colocación de los implantes. Por ejemplo, ya es posible analizar la cantidad de hidroxapatita, el número, espesor y la separación trabecular, datos que pueden predecir de manera más asertiva la evolución del tratamiento con implantes.

Probablemente, el uso de la tomografía computarizada será cada vez más común en el campo odontológico, convirtiéndose en un recurso valioso para el diagnóstico previo a la colocación de implantes dentales, y dichos tratamientos se verán cada vez más beneficiados con los avances de la tecnológicos de este método de imagen.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Spiegel MR. Vector Analysis. Segunda ed. EUA: Mc Graw Hill; 2009.
2. Jacobs R. What is Oral and Maxillofacial Surgery? American Society of Maxillofacial Plastic Surgeons. 2010; 30.
3. C.E. M. PRÓTESIS DENTAL SOBRE IMPLANTES. In ELSEVIER, editor. PRÓTESIS DENTAL SOBRE IMPLANTES. España: S.A. ELSEVIER ESPAÑA; 2005. p. 656.
4. Lenguas Silva AL, Ortega Aranegui R, Samara Shukeir G, López Bermejo MÁ. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. Revista Científica Dental. 2010 Agosto; 7(2).
5. Española AdAdIL. Real Academia Española. [En línea].; 2014 [citado 2016 Septiembre 08]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>.
6. RA N. Fundamentos de Radiología. Primera ed. Barcelona, España: Masson; 2003.
7. Arana-Fdez. de Moya E, Buitrago-Vera P, Benet-Iranzo F, Tobarra-Pérez E. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales. RCOE. 2006; 11(3).
8. Kathrin B, Stauber M, Schwars F, Beibarth T. Automated 3D-2D registration of X-ray microcomputed tomography with histological sections for dental implants in bone using chamfer matching and simulated annealing. Computerized Medical Imaging and Graphics. 2015; 44.
9. Worthington P, Rubenstein J, Hatcher D. The role of cone-beam computed tomography in the planning and placement of implants. Journal of the American Dental Association. 2010 Octubre; 141(3).



10. Adell Tejeda M. El paciente agudo grave. INSTRUMENTOS DIAGNÓSTICOS Y TERAPÉUTICOS. Primera ed. Barcelona, España: Masson; 2005.
11. Singh H, Kashewar S. Atlas Práctico de Tomografía Computada. Primera ed. Panamá: Jaypee- Highlights Medical Publishers, Inc.; 2010.
12. Known PH, Laskin DM. Manual Clínico de Cirugía Oral y Maxilofacial: Editorial Amolca; 2003.
13. Spiekermann H. Atlas de Implantología. Primera ed.: Editorial Masson; 1995.
14. Rocha Dias D, Rodrigues Leles C, Carvahlo Batista A, Lindh C, Ribeiro-Rotta F. Agreement between Histomorphometry and Microcomputed Tomography to Assess Bone Microarchitecture of Dental Implant Sites. Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2015; 17(4).
15. Ahmed N, Tanjore L, Caroline Annette J, Suresh Anand K. Dental Implants in bilateral bifid canal and compromised interocclusal space using cone beam computerized tomography. Journal of Natural Science, Biology and Medicine. 2016 Julio; 7(2).
16. Goaz P. Radiología Oral. Principios e interpretación. Cuarta ed. Madrid, España: Mosby; 2002.
17. Fitzgerald R, Kaufer H, Malkani A. Ortopedia. Tomo I. Primera ed. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana; 2004.
18. Schropp L, Stavropoulos A, Gotfredsen E, Wenzel A. Comparison of panoramic and conventional cross-sectional tomography for preoperative selection of implant size. Clinical Oral Implants Research. 2011; 22.



19. Argente H, Alvarez M. Semiología Médica. Fisiopatología, Semiología y Propedéutica. Enseñanza basada en el paciente. Tercera ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2008.
20. UNAM DFdO. Tomografía Computarizada tomada en el Departamento de Radiología de la DEPEl. 2016.
21. del Cura JL, Pedraza S, Gayete A. Radiología Esencial. Primera ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2010.
22. Carlile Bushong S. Manual de radiografía para técnicos. Décima ed. Barcelona, España: Editorial Elsevier; 2013.
23. Rovira Cañellegas A, Ramos González JD. Actualizaciones SERAM. Radiología de cabeza y cuello. Primera ed. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana; 2010.
24. López García M. Estudio experimental en el cerdo del uso de implantes dentales ante situaciones de carga inmediata. España: Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Ciencias Clínicas Veterinarias; 2006.
25. Pedrola F. Implantología Oral. Alternativas para una Prótesis Exitosa. Primera ed.: Editorial Amolca; 2008.
26. Monsour P, Dudhia R. Implant radiography and radiology. Australian Dental Journal. 2008; 53(1).
27. Vanegas JC, Landinez N, Garzón- Alvarado D. Generalidades de la interfase hueso-implante dental. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 2009 Septiembre; 28(3).
28. Cranin A, Klein M, Simona A. Atlas de implantología oral. Primera ed. España: Editorial Médica Panamericana; 1995.



29. Matos Rodrigues D. Manual de Prótesis sobre Implantes. Pasos Clínicos y Laboratoriales. Primera ed. Brasil: Editorial Artes Médicas; 2007.
30. Aragonese Lamas JM, Cervantes Haro N, Hidalgo Sánchez O, Worf Úbeda CV. Monografías científicas en cirugía, implantología y periodoncia Madrid, España: Visión Libros; 2012.
31. Oropeza Morales J, Meza Pérez A, Guerrero Pérez R, Sastré Ortiz N. Evolución de la fijación rígida ósea en cara. Revista de la Asociación Médica del American British Cowdray Hospital. 1997 Enero- Abril; 7(1).
32. Thams U. Implantes de zirconio; lo último en la evolución en la implantología. Revista Gaceta Dental. 2011 Septiembre.
33. Misch K, Sarment D. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. Journal of Periodontology. 2006; 789(6).
34. Kau C, English J, Muller-Delgado M, Hanid H, Ellis R, Winkleman S. Retrospective cone-beam computed tomography evaluation of temporary anchorage devices. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2010; 137(2).
35. Luo T, Changrong S, Xing Z, Yunsong Z, Jinqiu X. Automatic Synthesis of Panoramic Radiographs from Dental Cone Beam Computed Tomography Data. Plos One. 2016 Junio; 31.
36. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 1988; 17(4).
37. Salimov F, Tatli U, Kurkcu M, Akoglan M, Oztunc H, Kurtoglu C. Evaluation of relationship between preoperative bone density values derived from cone beam computed tomography and implant stability parameters: a clinical study. Clinical Oral Implants Research. 2014; 25.



38. De la Mata M. Inflamación y osteopenia en las enfermedades reumáticas. *Revista Española Reumatológica*. 1997; 24.
39. Turkyilmaz TF, Tozum C. Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2007; 34.
40. Willy Schulze R, Berndt D, Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clinical Oral Implants Research*. 2010; 21.
41. Pauwels R, Jacobs R, Singer R, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofacial Radiology*. 2015; 44.
42. BlueSkyBio. Blue Sky Bio. [En línea].; 2016 [citado 2016 Septiembre 29]. Disponible en: www.blueskybio.com.
43. Biocare N. Nobel Biocare. [En línea].; 2016 [citado 2016 Septiembre 29]. Disponible en: www.nobelbiocare.com.
44. CyberMed. On Demand 3D. [En línea].; 2015 [citado 2016 Septiembre 29]. Disponible en: www.ondemand3d.com.
45. Benic G, Sancho M, Jung R, Deyhle H, Hammerle C. In vitro assessment of artifacts induced by titanium dental implants in cone beam computed tomography. *Clinical Oral Implants Research*. 2013; 24.