



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**LA TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO COMO AUXILIAR EN EL  
DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS VERTICALES RADICULARES.**

**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:**

**JESSICA TERESA GÓMEZ MORALES**

**TUTOR: C.D. MIGUEL ÁNGEL OJEDA ESPÍRITU**

**ASESOR: Dra. YOSHAMÍN ABNOBA MORENO VARGAS**

**MÉXICO, Cd. Mx.**

**2024**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIAS

A mis 3 Hermanos Raúl, Eduardo y Ricardo, quienes son mis más grandes pilares en la vida; a Sofía, mi cómplice eterna de aventuras, mi pequeño Sebastian y Jannet mi cuñada un apoyo incondicional en las adversidades y compañera de alegrías.

A mi novio Omar, quien es mi más grande apoyo y motivación para seguir creciendo profesionalmente, gracias por permanecer a mi lado y alentarme a continuar todos los días, tú amor me inspira para dar lo mejor de mí todos los días.

A mi segunda familia, Miguel y Leonor, por su apoyo y cariño con el que me recibieron desde el primer día, Los Quiero.

La dedicatoria más importante es a mi Madre, sin su apoyo, confianza y amor infinito jamás lo habría conseguido, tu fe y ganas de luchar llenó mi alma de energía para hacerlo; este logro es nuestro y es un homenaje a tu grandeza. Con amor para ti hasta el cielo.

# INDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo General:.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos Específicos: .....</b>	<b>2</b>
<b>Planteamiento del Problema:.....</b>	<b>2</b>
<b>Justificación: .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Descubrimiento de los Rayos Roentgen.....</b>	<b>3</b>
1.1 Aplicación en Odontología.....	5
<b>2. Tomografía de Haz Cónico.....</b>	<b>6</b>
2.1. Características .....	10
2.2. Campo de Visión (FOV) .....	11
2.3. Voxel.....	12
2.4. Tiempo de reconstrucción .....	13
2.5. Calidad del funcionamiento de los dispositivos.....	14
2.6. Principio ALARA.....	15
2.7. Formato DICOM.....	15
<b>3. Fracturas Radiculares .....</b>	<b>17</b>
3.1. Fracturas Radiculares Verticales.....	17
3.1.1. Etiología.....	18
3.1.2. Etiología Iatrogénica .....	19
3.1.3. Etiología Fisiológica .....	20
3.2. Diagnostico a través de signos y síntomas.....	21
<b>4. La Tomografía de Haz Cónico para la identificación de Fracturas Verticales Radiculares .....</b>	<b>25</b>
4.1 En presencia de objetos metálicos y materiales de restauración.....	26
4.2 Sin objetos metálicos o materiales de restauración. ....	27
4.3 Ventajas y Desventajas del uso de la Tomografía de Haz Cónico.....	29
4.4. Plan de Tratamiento .....	30
<b>4.5. Importancia del uso responsable y correcto del equipo para Tomografías de Haz Cónico en Odontología. ....</b>	<b>33</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>35</b>

**6. Referencias ..... 36**

## **Introducción.**

Desde el descubrimiento de los Rayos Roentgen en 1895 y su uso en Odontología por el Doctor Kells, el diagnóstico por medio de imágenes radiográficas dentoalveolares se emplea de manera rutinaria para el diagnóstico de afecciones, anomalías y patologías; sin embargo solo nos permite tener información limitada como el diente y estructuras circundantes de manera plana, en consecuencia los profesionales de la salud bucodental se enfrentan a desafíos en el diagnóstico de fracturas verticales radiculares.

En la década de 1970 Hounsfield y Cormack revolucionaron el campo de las imágenes médicas con la llegada de la Tomografía Computarizada. Para los años 90 y tomando como base a la Tomografía Computarizada Itillio Tacconi y Piero Mozzo dos desarrolladores italianos lanzan el primer modelo de Tomografía de Haz Cónico con la finalidad de brindar mayores alternativas y auxiliares de diagnóstico en distintas áreas de la Odontología.

El presente trabajo documental busca proporcionar información para el diagnóstico e identificación de las fracturas verticales radiculares por medio de la Tomografía de Haz Cónico, mostrando los desafíos y contratiempos a los que se puede enfrentar el Odontólogo responsable de su diagnóstico tanto en dientes y muelas con tratamientos de conductos, obturados con gutapercha, con postes metálicos, restauraciones mal ajustadas, así como en dientes y muelas sin tratamientos previos.

# **LA TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO COMO AUXILIAR EN EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS VERTICALES RADICULARES**

## **Objetivo General:**

- Identificar mediante el uso de la Tomografía de Haz Cónico las fracturas verticales radiculares.

## **Objetivos Específicos:**

- Análisis y Diagnóstico de las Fracturas Verticales radiculares.
- Evaluar las características de la Tomografía de Haz Cónico para su uso Odontológico.
- Análisis y Diagnóstico de fracturas radiculares de manera general.

## **Planteamiento del Problema:**

El diagnóstico de fracturas verticales radiculares se presenta cada vez más en las consultas Odontológicas, pero son más complejas de identificar con auxiliares de diagnóstico convencionales-tradicionales.

Dichas fracturas verticales radiculares son comunes dentro de la práctica odontológica; sin embargo, existen técnicas auxiliares de diagnóstico actualizadas como la Tomografía de Haz Cónico a nuestra disposición para lograr su Diagnóstico.

## **Justificación:**

La Tomografía de Haz Cónico se presenta hasta el momento como la mejor alternativa para la identificación de fracturas verticales radiculares.

Razón por la que en este trabajo se abordará esta técnica a partir de la información presente en la literatura hasta el momento.

## 1. Descubrimiento de los Rayos Roentgen

Wilhelm Conrad Roentgen, fue un físico alemán quien descubrió los rayos Roentgen el 8 de noviembre de 1895 (Figura1). Previamente Roentgen estaba experimentando con un tubo de Crookes la producción de los rayos catódicos en un laboratorio oscuro (Figura2). Motivado por las observaciones de Lenard sobre los rayos catódicos, Roentgen llevó a cabo experimentos para explorar las propiedades de esta corriente de electrones libre. Él observó lo siguiente sobre los rayos catódicos:



Figura 1. Wilhelm Conrad Roentgen. (Fotografía) <https://shorturl.at/qGHMO>

- Aparecieron como corrientes de luz de color que pasaba de un extremo del tubo al otro.
- No viajaron más allá del tubo.
- Causaron que las pantallas fluorescentes resplandecieran. (1,2)

Así mismo, observó el efecto de fluorescencia a mayores distancias fluctuando con la corriente del tubo eléctrico; encontró alto poder penetrante de la radiación al exponer diferentes materiales; notó la capacidad protectora de metales pesados con el plomo y el ennegrecimiento de las películas como primer paso para la radiografía (2). Concluyó que la fluorescencia debe provenir de un rayo “desconocido” de mayor alcance.

En los días siguientes Roentgen sustituyó las pantallas fluorescentes por una placa fotográfica. En ella observó que las imágenes sombreadas quedaban registradas de forma permanentemente en la placa fotográfica colocando



objetos entre el tubo y la placa y así obtuvo la primera radiografía del cuerpo humano; para ello colocó la mano de Bertha su esposa en una placa fotográfica y la expuso a los rayos durante 15 minutos. Cuando reveló la placa, la silueta de los huesos de su mano podía verse (Figura 3). Roentgen nombró al descubrimiento, Rayos "X"; la "X" porque quería hacer referencia al origen y las características desconocidas de tales rayos (el símbolo X se utiliza en matemáticas para representar lo desconocido) pero la sociedad científica decide nombrarlos en su honor Rayos Roentgen.

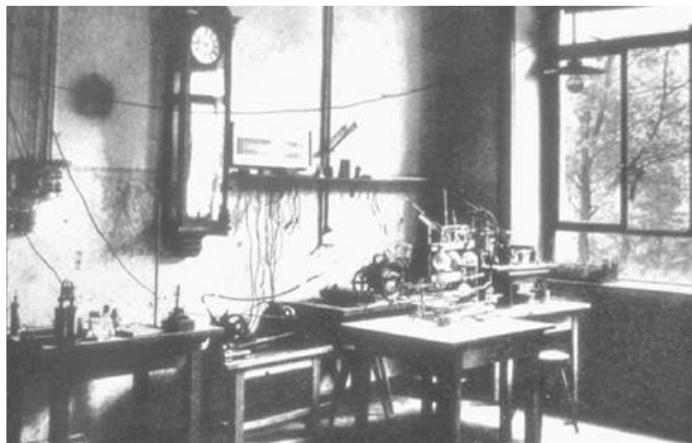


Figura 2. Laboratorio de investigación de Roentgen.

(Fotografía) <https://shorturl.at/mFPS8>

El descubrimiento de los Rayos Roentgen dio lugar a varios reconocimientos, como la presentación de sus experimentos al emperador de Alemania y que llegó a su culminación en 1901 en el Primer Premio Nobel de física de la historia (1,2)



Figura 3. Radiografía de mano de Bertha,  
(Fotografía) <https://shorturl.at/abUV2>

## 1.1 Aplicación en Odontología

El profesor Otto Walkhoff en Alemania obtuvo la primera radiografía dental el mismo año en que se da a conocer el descubrimiento de los rayos (Figura 4), la cual requirió de 25 minutos de exposición continua de los rayos debido a que era una placa fotográfica de vidrio. (3)

Para 1896 Edmund Kells, un Odontólogo de Estados Unidos de la ciudad de Nueva Orleans obtiene la primera radiografía con ayuda de una persona (Figura 5). Kells expuso sus manos a radiación durante años usando exposiciones de 15 a 20 minutos por prueba, por lo que, esta sobreexposición causó el desarrollo de cáncer en sus dedos, más adelante en sus manos, luego sus brazos, perdiendo la extremidad. Por lo que, finalmente terminó suicidándose. Otros pioneros en la radiografía dental incluyen a William H Rollins, Odontólogo de Boston quien desarrolló la primera unidad dental.

Rollins padeció de diversas quemaduras en su mano debido a la sobreexposición de los rayos x. Esto comenzó un gran interés en la protección contra los efectos de la radiación y poco más adelante la publicación del primer escrito donde se describen los riesgos asociados a la radiación. Frank Van Woert, Odontólogo de Nueva York, fue el primero en usar la película radiográfica intraoral. Howard Riley Raper, profesor universitario de Indiana, estableció el primer curso en Radiología para los estudiantes de Odontología (1)



Figura 4. Izquierda: Otto Walkhoff. Derecha: radiografías dentales (Fotografía), Ruben Pauwels, [https://www.researchgate.net/figure/Left-Otto-Walkhoff-Right-Walkhoffs-dental-radiographs\\_fig3\\_340444478](https://www.researchgate.net/figure/Left-Otto-Walkhoff-Right-Walkhoffs-dental-radiographs_fig3_340444478)

## 2. Tomografía de Haz Cónico

Durante décadas el uso de las radiografías dentoalveolares y ortopantomografía fueron utilizadas como primera elección; sin embargo, debido a la magnificación que tiene la ortopantomografía y a la pérdida de isometría e isomorfismo por mala técnica en las radiografías dentoalveolares

pueden presentar errores dimensionales si no se tiene la suficiente experiencia para evaluar una toma radiográfica de calidad.



Figura 5. Edmund Kells con algunas de las asistentes con quienes hizo practicas dentales. (Fotografía), Time Graphics. <https://time.graphics/es/event/1793204>

Debido a estas limitaciones las imágenes en 3D han ganado popularidad para proporcionar una representación dimensional (isométrica e isomorfa) precisa de los detalles multiplanares de las estructuras óseas maxilofaciales y de los tejidos blandos circundantes.

El rápido progreso de la física y la tecnología de imágenes médicas, que involucra varios Hardware en métodos computacionales, ha superado muchos desafíos para lograr imágenes craneofaciales en 3D que ofrecen resolución, contraste y cobertura anatómica. (4) La Tomografía Computarizada, como base de la actual Tomografía De Haz Cónico es el resultado de la

investigación realizada en Inglaterra por Hunsfiel y Cormack en la década de 1970 (Figura 6)



Figura 6. Allan Mc Cormack (izquierda) Godfrey N. Hunsfield (derecha), (fotografías), <https://acortar.link/pcbK54> <https://acortar.link/6fiQmo>

La Tomografía de Haz Cónico, CBCT por siglas en inglés (Cone Beam Computerized Tomography) es introducida al mercado por primera vez en 1995 por los Desarrolladores Italianos Attilio Tacconi y Piero Mozzo. Su llegada cambio para siempre el proceso del diagnóstico en el área dental, pues por primera vez y en forma rutinaria se tuvo acceso a imágenes volumétricas de las áreas de interés. (3,4)

El estudio permite obtener la visualización de 3 planos por medio de cortes milimétricos que durante el procesamiento y reconstrucción nos muestran el plano Axial, un plano horizontal que divide al cuerpo en superior e inferior; Coronal, plano vertical que divide al cuerpo en anterior y posterior y Sagital, plano vertical que divide al cuerpo de derecha a izquierda que en conjunto y como resultado obtenemos una imagen en volumen ó 3D (Figura 7).

El primer dispositivo en utilizar la tecnología de Cone Beam para su uso odontológico fue nombrado como NewTom 9000 en el año de 1996 y tanto la exposición como el tiempo de barrido eran menores a la Tomografía Computarizada convencional. Para la realización de este estudio, por lo regular, el paciente tenía que acostarse y el operador era asistido por un sistema de posicionamiento de láser que permitía una reconstrucción en 3D completa.

Los primeros NewTom se vendieron en Italia, en Noale y en Turín, posteriormente comenzaron a instalarse otras unidades en el resto del mundo. (Figura 8) (5,6)

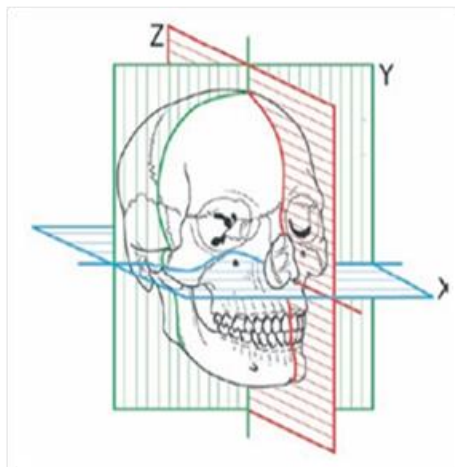


Figura 7. Planos Axial, Sagital y Coronal (Imagen), (2006), Tomografía Computarizada: Introducción a las aplicaciones dentales. <https://acortar.link/wqO81z>

## 2.1. Características

La Tomografía de Haz Cónico es un método de diagnóstico prometedor porque permite la visualización y análisis tanto de dientes como de estructuras adyacentes en tres dimensiones espaciales; el ruido y la distorsión geométrica son prácticamente eliminados. La Tomografía de Haz Cónico difiere de la imagen de la Tomografía Computarizada en que el tubo de rayos Roentgen expone al paciente desde un lado y un detector de imágenes mide los rayos Roentgen atenuados del otro lado del paciente, mientras tanto, el tubo de rayos Roentgen como detector gira alrededor del paciente dependiendo el tipo de escáner utilizado, la fuente de rayos Roentgen y el detector rotan entre 180° y 360°. Los tiempos de obtención de imagen varían entre 10 y los 40 segundos (Figura 9).

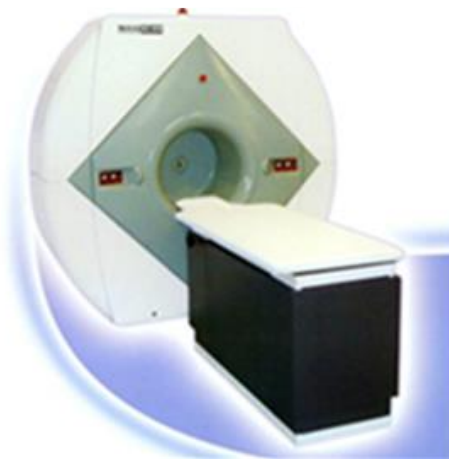


Figura 8. New Tom 9000. (Fotografía) Página Oficial New Tom  
<https://www.newtom.it/es/dentale/empresa/>

La mayoría de los Tomógrafos permiten realizar el estudio de pie o sentado, aunque algunos lo realizan solo en posición supina. Para minimizar el resultado por los movimientos del paciente cuando éste se encuentra de pie

los aparatos generalmente cuentan con un Software de reconstrucción que reajusta los movimientos para ofrecer una imagen más nítida.

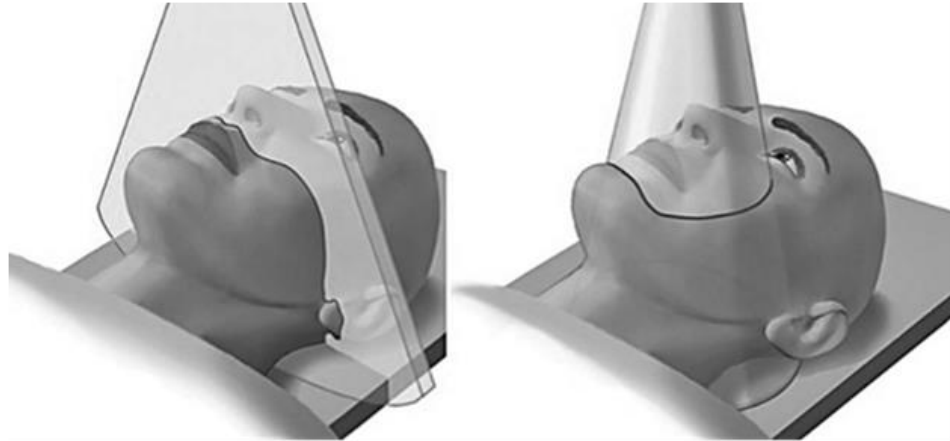


Figura 9. Incidencia del Haz de Rayos de Tomografía Convencional y Tomografía Computarizada de Haz Cónico (Imagen) <https://acortar.link/guTRhB>

## 2.2. Campo de Visión (FOV)

Asociado al área de estudio o de interés se ha establecido el concepto de Campo Visual o Field of View (FOV) que se define como volumen de escaneo de una Tomografía de Haz Cónico y se asocia al tamaño y la forma del detector, la proyección del haz y la capacidad de colimar el haz, que varía de un fabricante a otro. En comparación con una Tomografía Computarizada convencional, la Tomografía de Haz Cónico es de menor costo y utiliza una dosis de exposición a la radiación menor (3,4)

Las Tomografías de Haz Cónico se pueden clasificar en distintos tamaños, pequeño, mediano y grande (Figura 10). Las Tomografías de pequeño



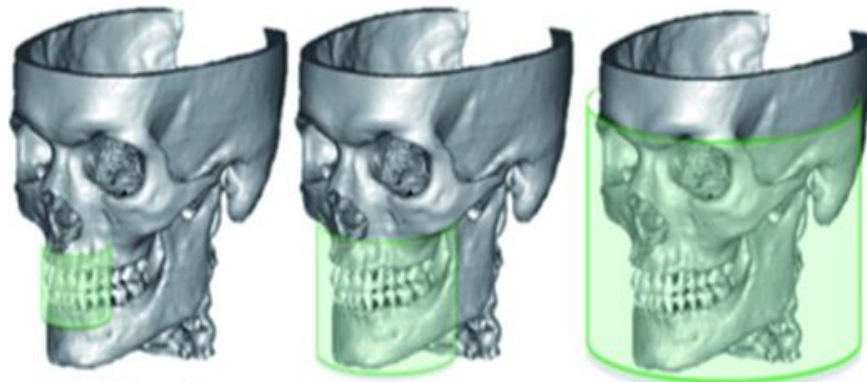


Figura 10. FOV predeterminados para uso Odontológico. (Imagen)  
<https://acortar.link/bhmcVY>

volumen se utilizan para obtener un rango de un cuadrante y van desde 2x2 cm, 4x4cm y 5x5 el cual es el FOV adecuado para el estudio de la zona maxilar o mandibular con las piezas dentarias completas de corona a raíz, y proporciona una resolución de imagen mayor por que la diseminación de rayos se reduce a medida que disminuye el FOV. Las imágenes de volumen medio se utilizan para escanear ambos maxilares, mientras que los FOV grandes que van desde los 15x15 cm hasta los 26x30 cm permiten la exploración de toda la cabeza, comúnmente utilizadas en la planificación de una cirugía ortognática.

### 2.3. Voxel

Las imágenes de una tomografía están constituidas por voxeles (Figura 11), entre más pequeño sea el tamaño del voxel habrá una mejora en los algoritmos de reconstrucción de imágenes, la reducción del ruido de la imagen y los métodos de corrección de movimiento. Son elementos básicos

del volumen y su característica es tener profundidad que es dada por el grosor del corte, altura y anchura. Actualmente el tamaño de voxel más pequeño es de 50 $\mu$ m mientras que el tamaño más grande es de 600 $\mu$ m. (4)

En la Tomografía de Haz Cónico los voxeles son isotrópicos (iguales en longitud, altura y profundidad) esto logra mediciones geoméricamente exactas para los datos de la Tomografía en cualquier espacio. Los cortes topográficos son igual de gruesos como el grosor de un voxel y pueden verse en los tres planos ortogonales: axial, sagital y coronal en una misma pantalla, permitiendo al profesional una visión tridimensional real de la zona a estudiar.

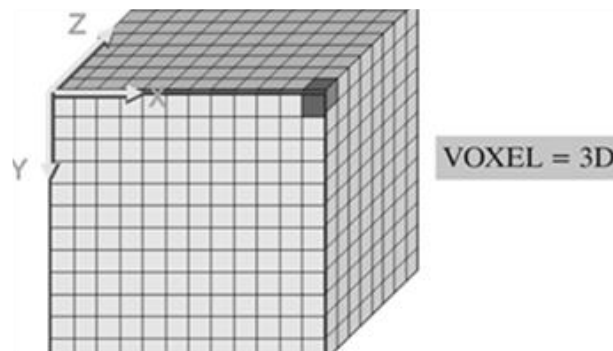


Figura 11. Voxel, unidad de medida volumétrica. (Imagen) Martín Shibuya. (2012), <https://proyectoidis.org/voxel-2/>

## 2.4. Tiempo de reconstrucción

Dependiendo de los parámetros de adquisición como FOV, tamaño de Voxel, Hardware (velocidad de procesamiento) y el Software (algoritmos de reconstrucción) la técnica de reconstrucción entre escáneres va a diferir desde reconstrucciones en tiempo real hasta los que tarden varios minutos. (4)

## 2.5. Calidad del funcionamiento de los dispositivos

El control de calidad permite garantizar el rendimiento y función técnica durante el uso clínico y del ciclo de vida del equipo. De manera general tiene como objetivo reducir los errores, así como incidentes y accidentes.

Los fabricantes cuentan con programas para equipos de imágenes los cuales deben cumplir los estándares como los proporcionados por el Instituto Alemán de Normas (DIN) y la Federación Europea de Organizaciones de Física Medica (EFOMP) sin embargo el personal debe realizar pruebas de control de calidad de manera periódica. Las pruebas más comunes de control de calidad son:

- Las propiedades en la escala de grises de la imagen
- Resolución espacial. (alto contraste)
- Resolución de bajo contraste (contraste-ruido)
- Ruido de imagen
- Artefactos
- Precisión geométrica.

Respecto a la calibración del escáner las pruebas generalmente son en:

- Calibración Geométrica
- Píxeles

Para fines de seguimiento y control de calidad, se ofrecen funciones automáticas mediante Software y no requiere de conocimientos técnicos avanzados por parte de los usuarios, además de estas pruebas, se realizan pruebas regulares por parte del proveedor de servicio de mantenimiento, incluidos los parámetros del tubo de rayos Roentgen y la salida de radiación.

(4)

## 2.6. Principio ALARA

Desde la llegada de la tecnología de la Tomografía de Haz Cónico, las notables mejoras en los componentes de Hardware y Software han reducido la dosis de radiación para el paciente. Estas mejoras incluyen cambios en la tecnología de sensores, un campo de visión (FOV) reducido dependiendo de la aplicación siguiendo el principio de dosificación de radiación de ALARA: “tan bajo como sea razonablemente posible” por sus siglas en inglés “As Low As Reasonably Achievable” establecido por la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Junto con esto, los fabricantes también han ideado varios protocolos de exposición: Modo Infantil, Modo Adulto, Modo de Alta Resolución. Modo de Alta Definición y Modo de Endodoncia, por ejemplo. En el ámbito dental debe realizarse de tal forma que se minimice la exposición a la radiación y se maximicen los beneficios para el paciente. (8)

Algunos de los criterios que se utilizan para disminuir en mayor medida son:

- ✓ El menor tiempo posible en una fuente radioactiva
- ✓ Cuanta más distancia de la fuente radioactiva menor será la radiación recibida.
- ✓ Un blindaje correcto del área es suficiente para reducir los niveles de radiación

## 2.7. Formato DICOM

Digital Imaging and Communications in Medicine, por sus siglas en inglés DICOM (Imágenes y Comunicaciones Digitales en Medicina) es el estándar público internacional para el almacenamiento, representación y comunicación de imágenes médicas y la información relacionada (Figura 12). Es el sistema

de procesamiento de imágenes volumétricas, creado por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) y el Colegio Americano de Radiología (ACR) desarrollado en Estados Unidos y ha sido utilizado por otros organismos nacionales e internacionales. En Europa es llamado MEDICOM y está regido por un comité internacional. En 1996 la Asociación Dental Estadounidense se unió al Comité DICOM. (4)

La mayoría de los fabricantes que producen los dispositivos incluyen el sistema de identificación de imágenes DICOM en el Software que viene con los dispositivos. (4)



Figura 12. DICOM (Imagen) 2020, <https://acortar.link/vFeiqO>

La versión 3.0 sigue siendo la última del estándar, a pesar de haber sufrido modificaciones tras diversas revisiones. DICOM ha evolucionado a lo largo de los años en la manera de recopilar imágenes, videos, datos e informes estructurados, pasando por diferentes versiones.

Dichos análisis mencionados anteriormente, dentro de sus funciones, es el de ser auxiliares para observar fracturas dentales. Mismas que se mencionan a continuación, de manera breve.

### 3. Fracturas Radiculares

Las fracturas radiculares se dividen en verticales, horizontales y oblicuas; todas éstas involucran cemento, dentina y pulpa (Figura 13). Las fracturas horizontales se clasifican a su vez en fracturas del tercio apical, fracturas del tercio medio y fracturas del tercio coronal o cervical de la raíz. Desplazadas y No desplazada, simples y compuestas; Parcial o Total. Las verticales en totales o parciales (Figura 14). (9)



Figura 13. Clasificación de Fracturas Radiculares. (Imágenes) Protocolos de tratamiento de las fracturas en dentición permanente.

<https://acortar.link/eyBLs4>

#### 3.1. Fracturas Radiculares Verticales

La fractura vertical de la raíz se define como una pérdida en la continuidad del diente ya sea completa o incompleta que se extiende longitudinalmente sobre la raíz y que puede presentarse en sentido mesio-distal o vestibulo-lingual, por lo regular inicia desde la pared interna de la raíz y se extiende hacia la superficie externa radicular contactando con el ligamento periodontal. Diversos estudios han demostrado que las Fracturas Verticales

Radiculares tiene una mayor prevalencia en el género femenino cuando hay tratamiento de conductos y en el género masculino sin presencia de tratamiento de conductos y que van en un rango de los 40 a los 65 años para ambos géneros. (10)

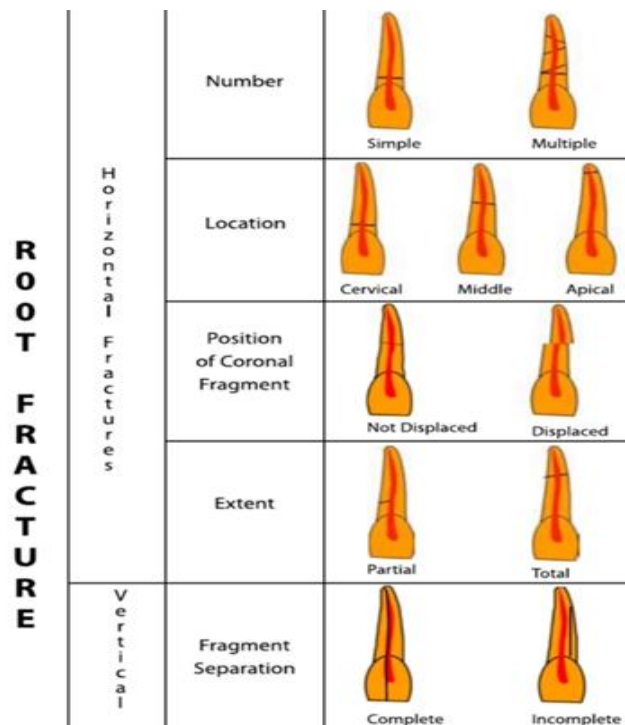


Figura 14. Clasificación de fracturas radiculares. (Imagen) Una revisión de las fracturas radiculares: diagnóstico, tratamiento y pronóstico. (2017) <https://acortar.link/6fi2fw>

### 3.1.1. Etiología

De manera generalizada, las fracturas radiculares tienen diversas etiologías tanto iatrogénicas como fisiológicas que van desde una inadecuada preparación de la cavidad para rehabilitar con resina; la mala elaboración y/o

colocación de una restauración como incrustación o corona; instrumentación excesiva en un tratamiento de conductos, colocación de endopostes con un diámetro superior; y otros factores como morder objetos duros, masticar ciertos alimentos y hábitos parafuncionales como el bruxismo.

Anatómicamente las raíces con un diámetro pequeño en sentido mesio-distal y con una forma ovalada y aplanada son más susceptibles, por lo tanto, en premolares superiores y las raíces mesiales de los molares inferiores son quienes presentan condiciones y características que las hace vulnerables (10)

Los traumatismos, aunque más frecuentes en niños, los adultos no son la excepción, ya sea en una caída, al practicar un deporte de alto impacto, un golpe en la cara con algún objeto o en un accidente automovilístico son causantes de fracturas radiculares.

### 3.1.2. Etiología Iatrogénica

La etiología de las fracturas verticales radiculares incluye una larga lista de condiciones y factores que vuelven a las raíces radiculares susceptibles a esta condición. Entre ellas se encuentra la sobre instrumentación con limas manuales o de sistema rotatorio en tratamientos y retratamientos de conductos (Figura 15), que incluye también el hecho de sobrepasar la longitud de trabajo apical causando debilidad y fragilidad microestructural de la dentina que con el paso del tiempo (meses o años) llega a fractura radicular (Figura 16) por lo que se recomienda ser conservador al momento de realizar las cavidades de acceso evitando así preparaciones de conductos extensas.

Las grandes fuerzas de compactación durante la condensación lateral de materiales de obturación, la colocación y preparación del conducto radicular



por medio de Drill, así como el tipo, tamaño y diseño de postes radiculares pueden tener efectos significativos en la distribución de fuerzas en el interior del conducto radicular. (11)

La presión ejercida en las preparaciones dentales para la colocación de una resina que resulta de la contracción en la polimerización por la técnica inadecuada de incrementación

del composite que predisponen a la formación de fisuras. No realizar ajuste oclusal de puntos prematuros de contacto e interferencias. Exceso de fuerza para la colocación y cementación de coronas e incrustaciones (Figura 17) y por el uso de prótesis fijas de gran longitud que provocan grietas por la torsión de los dientes pilares. (12)



Figura 15. Debilitamiento de estructura dentaria por sobre instrumentación. (Imagen), IDIM Clínica Dental, David Peñarrocha Oltra 2022 <https://idim.es/que-es-la-endodoncia/>



Figura 16. Fragilidad estructural de la dentina. (Fotografía) Atlas Dental, <https://acortar.link/4KfuxL>



Figura 17. Fuerzas excesivas para la colocación de coronas e incrustaciones. (Fotografía) Atlas Dental, <https://acortar.link/4KfuxL>

### 3.1.3. Etiología Fisiológica

Se han propuesto varios factores como origen fisiológico, incluido un patrón de dieta particular y fuerzas masticatorias intensas o repetitivas, la anatomía de las raíces estrechas en dirección mesio-distal con una morfología delgada y plana suele considerarse como un factor predisponente para fractura vertical radicular, presentándose más en un sentido vestibulo-lingual.

Las lesiones cariosas extensas hacia cervical no tratadas que dejan una gran debilidad radicular, esto en conjunto con hábitos parafuncionales como bruxismo, onicofagia y morder objetos dejan a las piezas dentarias en una condición inminente de fractura radicular (Figura 18). (10,12)



Figura 18. Hábitos parafuncionales que debilitan la estructura dental. (Imagen Propia), 2024.

### 3.2. Diagnóstico a través de signos y síntomas

Ante la sospecha de una fractura radicular se han propuesto métodos para llegar a su diagnóstico, por lo que, es esencial un examen detallado del diente afectado en comparación con el resto de la dentición, esto con la finalidad de recabar información para saber si se trata de un defecto único o de una condición generalizada.

Fisiológicamente el periodonto y la cámara pulpar se encuentran íntimamente relacionadas por vasos sanguíneos y fibras nerviosas, pero a

medida que se exagera la línea de fractura puede desplazarse hacia el cemento y ligamento periodontal creando espacios de entrada para bacterias que pueden ocasionar signos clínicos de infección e inflamación crónica, propagándose de una estructura a otra causando la formación de bolsas periodontales. Uno de los signos clínicos más relevantes en presencia de fractura radicular es el sondeo periodontal que suele ser profundo y limitarse a la zona de la línea de fractura; así como la presencia de absceso, tracto sinuoso y dolor como consecuencia de la inflamación del ligamento periodontal.

De modo que los hallazgos y características individuales puedan ser utilizados para diagnósticos diferenciales con la finalidad de evitar tratamientos y terapias innecesarias.

Radiográficamente en gran parte de los casos, las líneas de fractura no son visibles por la superposición de las raíces y estructuras de los conductos radiculares o la dentina, el material de obturación o la restauración protésica (poste radicular) salvo sus excepciones donde ya ocurrió el desplazamiento de un segmento de la raíz que regularmente es por causa de un traumatismo o una fractura preexistente.

Las características y hallazgos más comunes de la fractura vertical radicular son: Una zona radiolúcida unilateral que rodea el ápice radicular en forma de "J", pérdida de hueso alveolar que se extiende a lo largo de la fractura en la mayoría de los casos como Dehisencia y algunas veces como Fenestración (Figura 19) y ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal. (10,13)

Aplicar pruebas de hipersensibilidad a la oclusión en el diente afectado en las cuales se indica al paciente morder un rollo de algodón, una tablita de madera o algún auxiliar en el diagnóstico de como el Tooth Sloom estas pruebas aportan datos significativos a nuestro diagnostico presuntivo. El dolor aumenta en medida que se incrementa la fuerza oclusal y disminuye

una vez que se retira la presión, aunque es posible que el dolor continúe en caso de presentar movilidad dental leve, moderada, severa o dolor en la prueba de percusión vertical. (12)



Figura 19. Defectos óseos Dehisencia y Fenestración. (Imágenes) Lindhe J, Karring T, Araujo M. Periodontología clínica e implantología odontológica. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2009

Una anamnesis adecuada suele ser de gran ayuda para recabar información y establecer una secuencia de sucesos y detalles de ese diente en particular. Dientes y muelas con restauraciones extensas como incrustaciones o coronas se pueden examinar pasando por la línea cervical una sonda o espátula provocando así un poco de dolor o molestia si existiera la presencia de fractura, inclusive al retirar la restauración por completo se revela la línea de fractura por método de transiluminación o el uso de tintes de contraste como azul de metileno. (Figura 20)

En otros casos después de retirar el material de obturación de los conductos en la superficie radicular puede llegar a ser visible la grieta como una línea fina y brillante inclusive usando la luz de la lámpara de fotocurado de resinas. (12)



Figura 20. Azul de Metileno. (Imagen) Incidencia de fracturas dentales verticales reportadas en la Ciudad de Chihuahua y su relación con la evolución de la pandemia por COVID-19, Revista ADM, 2022.

Cuando una fractura vertical radicular es diagnosticada e involucra no solo los tejidos dentales sino también los adyacentes y en el transcurso puede presentar estado de inflamación e infección ocasionando fistulas recurrentes, dolor intenso y malestar general constante, y al haber agotado todas las posibilidades de rehabilitación posibles la extracción será el tratamiento definitivo (Figura 21).



Figura 21. Extracción por fractura Vertical Radicular. Imagen Propia

## 4. La Tomografía de Haz Cónico para la identificación de Fracturas Verticales Radiculares

Teniendo en cuenta las limitaciones de la radiografía dentoalveolar por su naturaleza bidimensional, la ausencia de signos patognomónicos y las características clínicas variables que puede presentar una fractura radicular, en específico las verticales, se requiere una modalidad de imagen con una mejor calidad y precisión. Con el uso adecuado de la Tomografía de Haz

Cónico a la Odontología que permite la obtención de imágenes dentomaxilofaciales reemplazando a la Tomografía convencional con una visualización tridimensional de los dientes y tejidos adyacentes con alta resolución lo cual nos es muy útil al momento de realizar un estudio auxiliar para el diagnóstico de este tipo de lesiones (Figura 22) (14,15)

Los detalles más importantes para el diagnóstico de las fracturas verticales radiculares

mediante el uso de la Tomografía de Haz Cónico así como las complicaciones que se pueden presentar dependiendo de las condiciones en las que se encuentre cada diente o muela en general o en casos específicos; ya sea con tratamiento de conductos, presencia de endoposte de fibra de vidrio o metálico, restauraciones extensas o mal ajustadas y/o en un diente

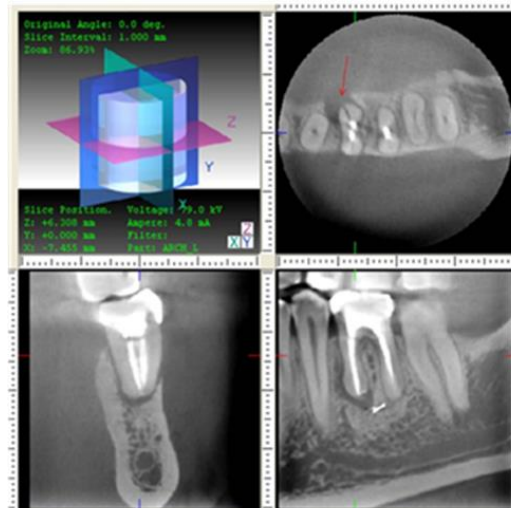
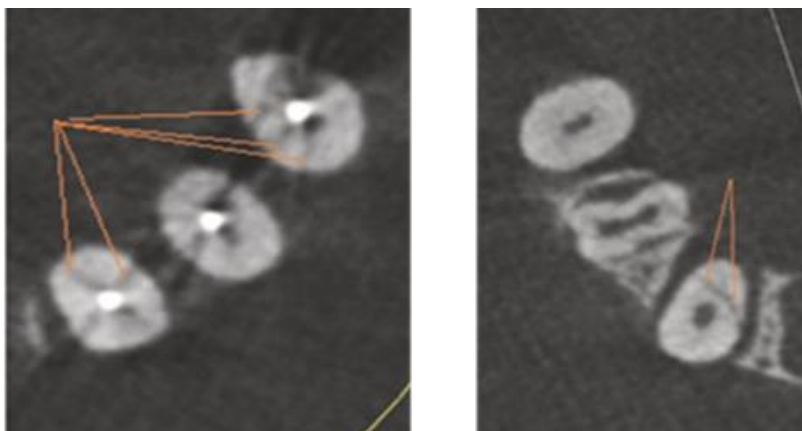


Figura 22. Tomografía de Haz Cónico, flecha señala la fractura vertical radicular. (imagen) Uso de la Tomografía Volumétrica de Haz Cónico en el diagnóstico de fracturas de raíz. 2009, DOI: [10.1016/j.tripleo.2009.01.017](https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.01.017)

aparentemente sano y libre de cualquier tratamiento previamente mencionado.

#### 4.1 En presencia de objetos metálicos y materiales de restauración.

La presencia de materiales de alta densidad como la gutapercha, postes metálicos o de fibra de vidrio, restauraciones metálicas, coronas y algunos cementos producen un alto ruido en la calidad de la imagen. Como resultado en algunos casos los materiales antes mencionados pueden crear líneas radiopacas brillantes obtenidas en la Tomografía de Haz Cónico (Figura 23) que en ocasiones suelen llevar a un diagnóstico erróneo de fractura radicular debido al alto contraste que se observa en la imagen ocasionando que la radiopacidad de estos se sobrepongan en la radiolucidez de la fractura, lo que lleva a tratamientos equivocados o en el peor de los casos a una extracción innecesaria. Por ello algunos autores sugieren como alternativa retirar todo material de obturación, protésico, intraconducto y restaurativo antes de realizar la Tomografía de Haz Cónico. (Figura 24) (10)



Figuras 23 y 24. Tomografía con gutapercha y sin gutapercha. (Imagen) detección de fracturas radiculares verticales mediante Tomografía Computarizada de Haz Cónico en presencia y ausencia de gutapercha., 2018, DOI: [10.1155/2018/1920946](https://doi.org/10.1155/2018/1920946)

Sin embargo, una de las tantas cualidades que tiene una Tomografía de Haz Cónico es que cuenta con una herramienta de reducción de artefactos metálicos (MAR) imágenes con algoritmos de preprocesado y postprocesado las cuales se encargan de mejorar la calidad del estudio en presencia de materiales de alta densidad que pueden llegar a generar distorsión.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta la longitud de la fractura, si es completa o incompleta, así como el grado de desplazamiento, como un factor importante en el momento de analizar y estudiar la imagen. (16)

El tamaño de FOV es importante junto con la herramienta de reducción de artefactos metálicos (MAR) creando niveles de ruido más bajos cuando el objeto se encuentra posicionado en el centro del FOV y no en la periferia, garantizado así una mejor precisión en el diagnóstico.

La extensa gama de sistemas, modelos y marcas de Tomógrafos disponibles en el mercado permiten trabajar con una reconstrucción de voxel pequeño, esto en conjunto con un tamaño de FOV reducido al máximo favorece en la detección de fracturas verticales radiculares en dientes con postes, restauraciones o materiales intraconducto. (Figura 25) (15,17)

#### 4.2 Sin objetos metálicos o materiales de restauración.

La detección de fracturas verticales radiculares incompletas o sin desplazamiento es uno de los mayores retos, debido a los síntomas clínicos inespecíficos, pero mayormente a nivel imagenológico ya que suelen ser difíciles de identificar con una radiografía dentoalveolar convencional. La superposición de tejidos y estructuras adyacentes puede dificultar la visibilidad de la línea de fractura. Debido a las limitaciones visuales por la superposición de imágenes en las radiografías intraorales; la valoración de las fracturas verticales radiculares es complicada, por lo que la Tomografía de Haz Cónico es una excelente alternativa de imagen para la detección de



las fracturas en estas condiciones. El diente en cuestión se puede visualizar desde diversos ángulos sin superposición de las estructuras. Con el uso correcto del programa y Software las imágenes se pueden analizar, visualizar y contrastar en zonas específicas y con ello facilitar el diagnóstico.

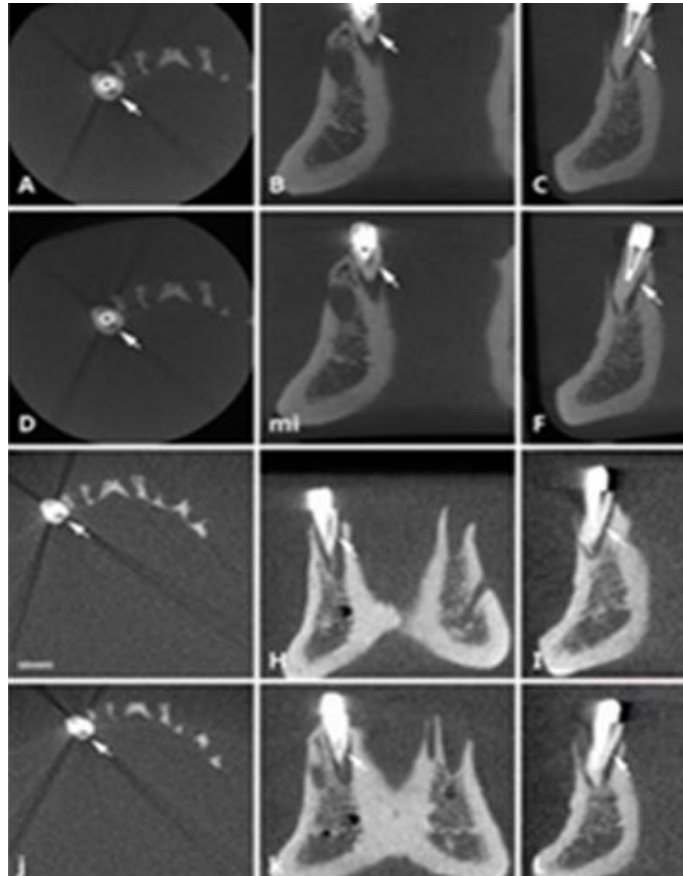


Figura 25. Tomografía con distintos tamaños de Voxel. (Imagen) Influencia del tamaño de voxel en la detección basada en Tomografía Computarizada de Haz Cónico de fracturas verticales radiculares en presencia de objetos metálico, 2018, [10.5624/isd.2018.48.3.177](https://doi.org/10.5624/isd.2018.48.3.177)

El uso adecuado de filtros como herramienta auxiliar para una mejor visualización de la imagen tomográfica es esencial ya que estos filtros utilizan algoritmos matemáticos para reducir y mejorar características específicas,

logrando un realce visual de este tipo de fracturas en específico (Figura 26).  
(18)

#### 4.3 Ventajas y Desventajas del uso de la Tomografía de Haz Cónico

Diagnosticar una fractura vertical radicular es todo un desafío para los Odontólogos y una de las principales razones es el hecho de que el diagnóstico se basa en un conjunto de signos y síntomas en lugar de uno patognomónico.

Establecer las necesidades de un estudio auxiliar de imagen preciso, así como sus características, requisitos y cualidades no siempre resulta una tarea sencilla. Como en todo estudio se debe tener el conocimiento adecuado acerca del mismo, así como de sus diversas aplicaciones y herramientas de trabajo. Por lo que, en nuestro día a día siempre debemos tomar en cuenta las ventajas y desventajas de un estudio imagenológico como es la Tomografía de Haz Cónico, Tabla 1.

Cada caso particular debe justificarse en función de las necesidades para obtener un diagnóstico adecuado, ya sea a través de una radiografía dentoalveolar o de una Tomografía de Haz Cónico. Los conocimientos que debe tener el Odontólogo, desde la valoración clínica, la interpretación radiográfica convencional, agotando todos los aportes básicos para llegar a un diagnóstico no solo presuntivo sino definitivo son necesarios antes de tomar la decisión de realizar un estudio imagenológico especializado como es la Tomografías de Haz Cónico, razón por la que, es importante evaluar si el beneficio que obtendrá el paciente es mayor a los posibles riesgos futuros a la exposición a la radiación, debido a que su uso jamás debe ser considerado de manera “rutinaria” sin antes haber realizado una historia clínica completa y estudios o pruebas clínicas específicas. Queda claro que

la Tomografía de Haz Cónico siempre será un complemento de las radiografías dentoalveolares iniciales teniendo en cuenta que aun con ella el diagnóstico de una fractura vertical radicular puede llegar a ser todo un reto.  
(19)

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAS</b>
<b>Claridad de imagen tridimensional sin estructuras superpuestas.</b>	<b>Ruido en la imagen por la presencia de materiales intraconducto. (gutapercha, metal, fibra de vidrio)</b>
<b>Tamaño de FOV pequeño para identificar zonas específicas.</b>	<b>Mayor exposición de radiación al paciente.</b>
<b>Menor exposición a la radiación en comparación a una TC médica.</b>	<b>Costo elevado en comparación con una radiografía dentoalveolar</b>
<b>El tamaño de voxel pequeño proporciona una mayor calidad de imagen.</b>	
<b>Filtros de realce para contrastar estructuras</b>	

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico

#### 4.4. Plan de Tratamiento

El deseo de los pacientes por conservar piezas dentarias y los avances en la Odontología ha conducido al desarrollo de métodos y alternativas más conservadoras, una vez identificada y diagnosticada la fractura radicular

vertical y tomando a consideración factores como longitud de la fractura y raíz se puede optar por alguno de los procedimientos quirúrgicos que a continuación se describen:

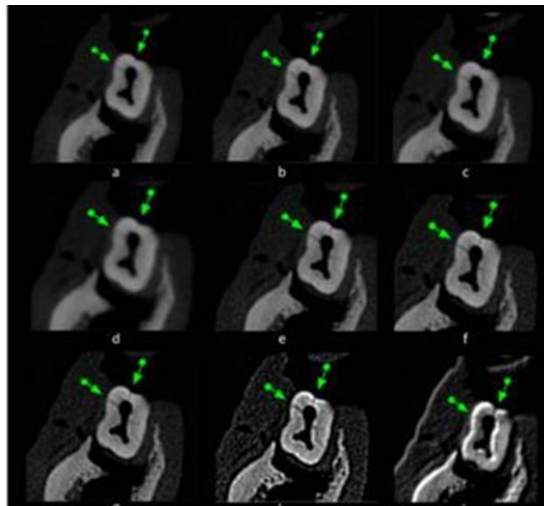


Figura 26. Cortes axiales con distintos filtros. (Imagen) Influencia de los filtros de realce de Tomografía Computarizada de Haz Cónico en la capacidad de diagnóstico de las fracturas radiculares longitudinales., 2014, DOI: [10.1259/dmfr.20130374](https://doi.org/10.1259/dmfr.20130374)

Una cirugía exploratoria es de gran ayuda para realizar examen visual y diagnóstico definitivo (Figura 27), esos casos en los cuales las pruebas clínicas y radiográficas ofrecen una información limitada. (12, 13) Consiste en realizar un colgajo de espesor total en la zona de sospecha de fractura radicular pero no se puede confirmar mediante exámenes previos, es probable que aun así la fractura no se visualice en su totalidad, pero con soluciones de tinción puede ser de gran ayuda, esto con la finalidad de establecer un diagnóstico certero y un mejor plan de tratamiento. Si en la cirugía exploratoria fue posible identificar la longitud y localización de la

fractura y si así lo amerita se recomienda que en ese mismo procedimiento se pueda realizar una Apicectomía que consiste en la resección apical de la raíz, desinfección y obturación retrograda el conducto radicular.

La Radicectomía que consiste en el corte de la raíz afectada en su totalidad dejando la porción coronaria intacta, este procedimiento se realiza en piezas multirradiculares como los molares superiores.



Figura 27. Cirugía exploratoria (Imagen) Fracturas radiculares y su relación con el índice de apnea-hipoapnea (IAH) en pacientes bruxistas con síndrome de apnea-hipoapnea del sueño (SAHS), 2021, <https://acortar.link/HTNDNY>

Hemisección o Premolarización también es otra posibilidad terapéutica donde la raíz es amputada junto con la porción coronal y que ocurre cuando la línea de fractura involucra la corona dental, posterior a eso la rehabilitación de la pieza restante (Figura 28).

En los casos donde la línea de fractura involucra más tejidos y estructuras la extracción y posterior rehabilitación resulta el mejor tratamiento. Preservación de alveolo e implante dental en caso de ser un candidato viable, prótesis fija realizando un minucioso diagnóstico para elegir de manera correcta los

dientes pilares y prótesis removibles que bien planeada y realizadas terminan cumpliendo su objetivo de dar al paciente función, estética y fonética.

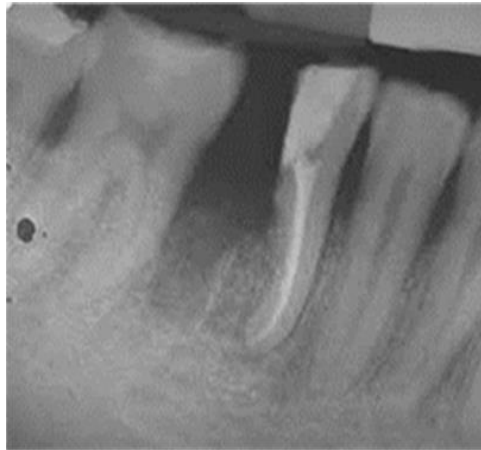


Figura 28. Hemisección. (fotografía) Revista mexicana de Periodontología, 2014, <https://acortar.link/DQ5FpV>

#### **4.5. Importancia del uso responsable y correcto del equipo para Tomografías de Haz Cónico en Odontología.**

La Academia Europea de Radiología Dentomaxilofacial sabe de la necesidad específica actual que se requiere para el uso, manejo e interpretación de los estudios por imagen especializados, por lo cual establece que la capacitación de los Odontólogos para el manejo correcto de equipos para Tomografías de Haz Cónico es no solo un derecho sino una obligación que garantice tener los conocimientos necesarios para su uso, aplicación, interpretación y sobre todo la protección tanto de ellos como de los pacientes que serán sometidos a estos estudios, ya que las dosis de radiación son mayores que en un estudio radiográfico convencional.

A medida que la evolución y capacidad de los equipos avanza, la Tomografía de Haz Cónico se ha convertido en el estándar por elección de imagen tridimensional como auxiliar de diagnóstico. Por ello su uso y aplicación debe ir de la mano con una formación teórica y práctica para una interpretación adecuada de la imagen obtenida, no solo por radiólogos encargados de realizar los estudios sino también del profesional de la salud bucodental. (20)

La mayoría de los Odontólogos no se encuentran familiarizados con el equipo de Tomografía de Haz Cónico, las imágenes y mucho menos el programa, por lo que es importante una educación continua en el uso y protección radiológica (Figura 29), formación en interpretación de imágenes tridimensionales como lo han adquirido en la mayoría de los países europeos de manera obligatoria en sus planes de estudio; se recomiendan dos niveles el primero es un nivel para los Odontólogos que solicitan los estudios y un nivel avanzado donde los Odontólogo solicitan, realizan y evalúan las Tomografías. El principal objetivo es que los profesionales tengan los conocimientos y habilidades para la optimización y justificación de la imagen en 3D. (4)



Figura 29. Protección radiológica.( fotografía)  
<https://acortar.link/aEhu2L>

## 5. Conclusiones

- La llegada de la Tomografía de Haz Cónico a nuestra era ha sido uno de los avances en el área Odontológica que mayor impacto y relevancia ha tenido por su alta tecnología e innovación como auxiliar de diagnóstico.
- Los resultados que una Tomografía de Haz Cónico proporciona deben ser manejados con mucha cautela y responsabilidad por medio del profesional a cargo, si bien son grandes las cualidades también es cierto que un mal manejo de su programa puede causar una inadecuada interpretación y por lo tanto un mal diagnóstico.
- El tamaño de Voxel y FOV son dos características de la Tomografía de Haz cónico que se encuentran íntimamente relacionadas, por lo tanto, la modificación de estas puede beneficiar o perjudicar el resultado final del estudio.
- La importancia y conciencia que deben adquirir tanto empresas, fabricas e instituciones educativas y profesionales del área para el control y manejo de la radiación tanto del personal como del paciente sigue siendo un camino largo que por medio de mejoras en sistemas operativos de los equipos de Tomografía como la capacitación adecuada puede lograr un mejor y mayor avance.



## 6. Referencias

1. Carmen Lucia Guzmán Zuluaga. Carolina Andrea Contreras Escobar. Carolina Patricia Rabanal Vera. Radiología Clínica Oral y Maxilofacial. AMOLCA; 2019.
2. Iannucci JM. Radiografía Dental Principios y Técnicas [Internet]. 4ta ed. Caracas Venezuela: ELSEVIER; 2013. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/661206123/Libro-Radiografia-Dental-Principios-y-Tecnicas>
3. Nüsslin F. Wilhelm Conrad Röntgen: The scientist and his discovery. Phys Med [Internet]. 2020;79:65–8. Disponible en: [https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797\(20\)30253-2/fulltext](https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797(20)30253-2/fulltext)
4. Touko Kaasalainen, Marja Ekholm, Teemu Siiskonen, Mika Kortensniemi. Tomografía Computarizada de haz cónico dental: una revisión actualizada. European Journal of Medical Physics [Internet]. 2021;88:193–217. Disponible en: [https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797\(21\)00251-9/fulltext](https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797(21)00251-9/fulltext)
5. NewTom. Disponible en: <https://www.newtom.it/es/dentale/empresa/>
6. Prashant P. Jaju . Sushma P. Jaju. Tomografía computarizada de haz cónico: es hora de pasar de ALARA a ALADA. Imaging Science in Dentistry [Internet]. 2015;45:263–5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26730375/>

7. Chang y Jjiang-Huei Jeng WCLC-HCYHPMC. Fractura radicular vertical en dientes tratados con y sin endodoncia: comprensión actual y desafío futuro. Dental and medical problems [Internet]. 2022;59:637–45. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jpm11121375>
8. Marasca B. Manejo de las fracturas radiculares transversales en traumatismos dentales. Dental and medical problems [Internet]. 2022;59:637–45. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17219/dmp/145895>
9. Silva LR. Dentin thickness as a risk factor for vertical root fracture in endodontically treated teeth: a case-control study. Springer Link [Internet]. 2021;1099–105. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-020-03406-1>
10. Lynch CD. El síndrome del diente agrietado. Journal of the Canadian Dental Association. 2002;68:470–5.
11. Haueisen H. Fractura radicular vertical, prevalencia etiológica y diagnóstico. Quintessence Publishing [Internet]. 2013;44:467–74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3290/j.qi.a29715>
12. Hu Long YZ. Precisión diagnóstica de CBCT para fracturas dentales: un metaanálisis. ELSEVIER [Internet]. 2013;42:240–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.024>
13. Nikbin A. Efecto de la posición del objeto en el campo de la visión y la aplicación de un algoritmo de reducción de artefacto metálicos en la detección de fracturas verticales radiculares en tomografías

computarizadas de haz Cónico: un estudio In Vitro. *Imaging Science in Dentistry* [Internet]. 2018;48:245–54. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.5624/isd.2018.48.4.245>

14. Oliveira MR. Influence of metal artifact reduction in CBCT on the detection of vertical root fractures. *Imaging Science in Dentistry* [Internet]. 2021;51:55–62. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.5624/isd.20200191>
15. Silva FPY. Influencia del tamaño del voxel en la detección basada en tomografía computarizada de haz cónico de fracturas radiculares verticales en presencia de postes metálicos intracanal. *Imaging Science in Dentistry* [Internet]. 2018;48:177–84. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.5624/isd.2018.48.3.177>
16. MCC Nascimento YN. Influencia de los filtros de mejora de TC de haz cónico en la capacidad de diagnóstico de fracturas radiculares longitudinales. 2014;43. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1259/dmfr.20130374>
17. Neves FS. Evaluación de la tomografía computarizada de haz cónico en el diagnóstico de fracturas radiculares verticales: la influencia de los modos de imagen y los materiales del conducto radicular. *Journal Of Endodontics* [Internet]. 2014;40:1530–6. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.012>
18. Brown J. Requisitos de formación básica para el uso de CBCT dental por parte de dentistas: documento de posición preparado por la Academia Europea de Radiología DentoMaxilloFacial. *Dentomaxilofacial*

Radiology [Internet]. 2014;43. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1259/dmfr.20130291>

19. Britannica, los editores de la enciclopedia. Wilhelm Conrad Roentgen [Internet]. Enciclopedia Britannica; 2024. Disponible en: <https://shorturl.at/qGHMO>
20. Cristian García DG. Laboratorio de investigación de Roentgen [Internet]. 2005. Disponible en: <https://shorturl.at/mFPS8>
21. Cristian García DG. Radiografía de la mano de Anna Roentgen [Internet]. 2005. Disponible en: <https://shorturl.at/abUV2>
22. Pauwels R. Izquierda: Otto Walkhoff. Derecha: Radiografías dentales de Walkhoff. 2020.
23. Grapichs T. EDMUND KELLS Expuso el uso de la radiografía en la odontología [Internet]. 2018. Disponible en: <https://time.graphics/es/event/1793204>
24. Archivo de la Fundación Nobel [Internet]. 2024. Disponible en: <https://acortar.link/pcbK54>
25. Academia Nacional de Medicina de Colombia. Cormack, Allan MacLeod [Internet]. 2017. Disponible en: <https://acortar.link/6fiQmo>
26. de Moya Estanislao A-F. Definición de los planos axial, sagital y coronal [Internet]. 2006. Disponible en: <https://acortar.link/wqO81z>

27. Página Oficial New Tom. New Tom 9000 [Internet]. Disponible en: <https://www.newtom.it/es/dentale/empresa/>
28. Quantum. Incidencia del Haz de Rayos de Tomografía Convencional y Tomografía Computarizada de Haz Cónico [Internet]. 2021. Disponible en: <https://acortar.link/guTRhB>
29. Moderno ED. FOV [Internet]. 2015. Disponible en: <https://acortar.link/bhmcVY>
30. Shibuya M. Voxel, unidad de medida volumétrica [Internet]. 2012. Disponible en: <https://proyectoidis.org/voxel-2/>
31. DICOM [Internet]. 2020. Disponible en: <https://acortar.link/vFeiqO>
32. Clasificación de Fracturas Radiculares [Internet]. Protocolos de tratamiento de las fracturas en dentición permanente.; Disponible en: <https://acortar.link/eyBLs4>
33. Neeraj Malhotra, M Kundabala, Shashi Rashmi Acharaya. Clasificación de fracturas radiculares [Internet]. 2017. Disponible en: <https://acortar.link/6fi2fw>
34. Oltra DP. 2022. Disponible en: <https://idim.es/que-es-la-endodoncia/>
35. Atlas Dental. Fragilidad estructural de la dentina [Internet]. Disponible en: <https://acortar.link/4KfuxL>

36. Atlas Dental. Fuerzas excesivas para la colocación de coronas e incrustaciones [Internet]. Disponible en: <https://acortar.link/4KfuxL>
37. Lindhe J KT. Defectos óseos Dehisencia y Fenestración. Médica Panamericana; 2009.
38. Torres AE. Azul de Metileno [Internet]. Revista ADM; 2022. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2021/od213c.pdf>
39. Bernardes RA. Tomografía de Haz Cónico, flecha señala la fractura vertical radicular. 2009.
40. Hekmatian E. Tomografía con gutapercha y sin gutapercha [Internet]. 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/1920946>
41. Yamamoto FP. Tomografía con distintos tamaños de Voxel [Internet]. 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/1920946>.
42. Yamamoto FP. Tomografía con distintos tamaños de Voxel [Internet]. 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5624/isd.2018.48.3.177>
43. Nacimiento MCC. Cortes axiales con distintos filtros [Internet]. 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1259/dmfr.20130374>
44. Anitua E. Cirugía exploratoria [Internet]. 2021. Disponible en: <https://acortar.link/HTNDNY>

45. Bermúdez IR. Hemisección [Internet]. 2014. Disponible en:  
<https://acortar.link/DQ5FpV>
  
46. Novofoto. Protección Radiológica [Internet]. Disponible en:  
<https://acortar.link/aEhu2L>