

318322  
6



**UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA**

---

---

Facultad de Odontología

283271

**RADIOLOGIA DIGITAL**

**T E S I S**

Que para obtener el título de

**CIRUJANO DENTISTA**

**p r e s e n t a**

**ENNIO HECTOR CARRO HERNANDEZ**

México, D. F.

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**ASESOR :**

**C.B.M.Q. VICTOR MANUEL BARAJAS U.**

**A DIOS.**

**A MIS PADRES Y HERMANOS POR SU APOYO INCONDICIONAL.**

**A MI NOVIA POR SU CARÍÑO, AYUDA Y COMPRENSION.**

**A MIS MAESTROS POR SU ENSEÑANZA.**

**AL DR. MANUEL BARAJAS POR SU VALIOSO TIEMPO, EXPERIENCIA Y AMISTAD.**

**A MI UNIVERSIDAD.**

## INDICE

### I. INTRODUCCION.

- A) ANTECEDENTES.
- B) PRODUCCION DE RAYOS X.
- C) GENERALIDADES DE LOS RAYOS X.
- D) APLICACIONES EN ODONTOLOGIA.

### II. RADIOLOGIA DIGITAL.

- A) ANTECEDENTES.
- B) GENERALIDADES.
- C) ESCANER.

### III. RADIOVISIOGRAFO.

- A) COMPONENTES BASICOS.
- B) SENSOR.
- C) FUNCIONES DEL RADIOVISIOGRAFO.
- D) VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

### IV. CONCLUSIONES.

### V. GLOSARIO.

### VI. BIBLIOGRAFIA.

## **I. INTRODUCCION.**

En el año de 1895 fueron descubiertos accidentalmente los Rayos x o Roentgen. Para el año de 1896 la primera radiografía dental fue tomada y desde ese tiempo las radiografías forman parte integral en la práctica odontológica. A través de estos 100 años la Radiología ya considerada como especialidad a sufrido cambios benéficos. Antes para exponer una imagen radiográfica se necesitaban largos tiempos de radiación, ahora esos tiempos son mínimos. La sensibilidad de la película se incrementó y la dosis disminuyó, pero la exposición básica y el proceso de desarrollo sin cambios.

En los últimos 20 años las computadoras han entrado en la nueva tecnología. El equipo técnico y Software esta disponible para cualquier tipo de práctica dental.

Ya en los años 70's la radiología Médica no solo se basaba en imágenes impresas ( radiografías ) sino que ya las imágenes eran digitales ( radiología digital ). Estas imágenes eran expuestas en monitores de computadoras y los diagnósticos eran más amplios.

La rama Odontológica no podía quedarse atrás y comenzó a adaptar esta tecnología a su práctica a finales de los 80's y para la década de los 90's cada vez más Dentistas utilizan la Radiología Dental Digital.

La presente tesis tiene como objeto explicar la radiología digital, sin embargo, se iniciara con los antecedentes o historia de los rayos x, así como su producción en la cual se explica como esta compuesto el tubo radiogeno en donde se generan estos rayos. En el mismo capítulo se hablara sobre las generalidades de los rayos en donde se incluyen sus propiedades y efectos sobre el cuerpo humano; así como sus aplicaciones en la Odontología.

En los siguientes capítulos se explica todo lo relacionado a la Radiología Digital y el Radiovisiografo en donde nos daremos cuenta de los beneficios que da a nuestros pacientes y a nosotros mismos.

Es para mí una gran satisfacción el presentar esta tesis, la cual por su contenido espero sea un aporte cultural más para los nuevos estudiantes de Odontología.

## A) ANTECEDENTES.

El 8 de Noviembre de 1895, el profesor físico Alemán Wilhelm Conrad Roentgen ( 1845 – 1923 ), trabajó en la obscuridad de su laboratorio en Würzburg. El estudiaba el comportamiento de los electrones emitidos por un "tubo de Crookes", especie de ampolla de cristal cerrada casi totalmente al vacío que produce una serie de relámpagos violáceos. Con uno de estos tubos produjo un rayo invisible que era capaz de penetrar sustancias opacas a la luz ordinaria. En el curso de un experimento, descubrió que estos destellos eran capaces de iluminar unos frascos de sales de bario de cianuro platinico colocados en el mismo laboratorio ( 1 ). Lo extraordinario era que el tubo estaba envuelto en papel negro grueso y entre él y los frascos había varias planchas de madera y unos gruesos libros. Entonces, se dio cuenta de que este rayo penetraba el papel y causaba una pantalla fluorescente que resplandecía, aquellas radiaciones habían atravesado todos los obstáculos como por arte de magia ( 2 ).



Este es el tubo de Crookes que utilizó el descubridor en su laboratorio de Würzburg ( Alemania ) durante sus primeros experimentos con radiaciones.

El hallazgo cambió la dirección de los estudios de Roentgen, quien, se metió siete semanas en su laboratorio donde meticulosamente planeó y ejecutó experimentos para determinar la naturaleza de los

rayos. Les decía a sus amigos "yo he descubierto algo interesante, pero aún no se si mis observaciones son correctas"

Cuando entre el tubo y la pantalla se colocaban ciertos objetos sus sombras se proyectaban sobre ésta. Mas experimentos demostraron que estos rayos ennegrecian la emulsión de la película fotográfica justo como lo hacía la luz. Roentgen encontró que estos rayos penetraban muchas substancias y que la sombra o imagen de dichas substancias podía ser registrada en una placa fotográfica. Esto también acontecía con el cuerpo humano, y las sombras de tejidos humanos podian ser registrados en la película. Decidió patentar su revolucionario invento : el rayo x. Por cierto, eligió este nombre porque no tenia la menor idea de la naturaleza exacta de lo que acababa de descubrir.

El 28 de Diciembre de 1895 Roentgen da su reporte preliminar "Über Eine Neve Art Von Strahlen" para el presidente de la Wurzburg Physical – Medical Society, acompañado por radiografías experimentales como la de su escopeta y por la imagen de la mano de su esposa Ana Bertha Ludwing la cual fue expuesta durante largo tiempo a la radiación de un tubo de Crookes ( en 1913 este tubo fue sustituido por el llamado tubo de Coolidge, en el que el vacio es total ) y colocó debajo una placa fotográfica. El resultado fue la primera radiografía de la historia : una imagen burda y fantasmagórica de los huesos de una mano adornada con la gruesa sortija del dedo anular, pues a la señora Roentgen se le olvidó quitarse las joyas ( 2 ).



La famosa radiografía hecha por Roentgen el 22 de Diciembre de 1895 de la mano de su esposa, y mandada al físico Franz Exner en Viena.

Por cierto, la radiografía de la mano de la señora Roentgen le fue obsequiada por su esposo como un regalo de Navidad.

Para los primeros días de Enero de 1896 Roentgen tuvo que mandar a imprimir los resultados de su trabajo para distribuirlo a sus compañeros físicos de Europa.

“ La nueva luz ve los huesos a través de la carne “ así escribían los periódicos de Norteamérica a mediados de Enero. “ Los sólidos escondidos son revelados “ estas líneas estaban acompañadas con dibujos de las radiografías de Roentgen y diagramas detallados en la generación de los rayos. Dentro de una semana, se llevaron a cabo demostraciones en instituciones y lugares públicos. “ pronto cada casa tendrá una máquina de rayos catódicos “, especuló un inventor emocionado.

A los seis meses del descubrimiento de los rayos x por Roentgen, en 1896 se informó sobre sus efectos nocivos; durante un cierto tiempo los trabajadores verificaban la potencia de salida de los tubos de los rayos x exponiéndose a las radiaciones y midiendo el tiempo que transcurría hasta que se les irritaba la piel, más de 300 personas murieron posteriormente de enfermedades atribuidas a su exposición a las radiaciones, unas 250 más de cáncer cutáneo y más de 50 de trastornos de la sangre ( anemia y leucemia ) no obstante, se continuó con prácticas que ahora se sabe son peligrosas.

Thomas Edison ( 1847 – 1913 ), junto con otros colaboradores, estuvo ansioso por “ perfeccionar “ el descubrimiento de Roentgen. Él ayudó a obtener una radiografía del cerebro. Sin embargo, se decepcionó ante la inhabilidad de hacer una “lámpara de rayos x “ comercial para uso doméstico.

Edison no estuvo solo en su apoyo experimental. El aparato de rayos x fue altamente disponible debido a su bajo costo, esto significaba que cualquiera podría hacer una “ foto de rayos x “. los estudios abrieron para tomar “ retratos de hueso “. apenas unos meses después del prodigioso hallazgo de Roentgen, ya se crearon los primeros tubos de rayos x con atención médica. Nunca antes una nueva tecnología médica se aceptó rápidamente. Al Dr. Edwin Frost ( 1866 – 1935 ) se le acredita el primer diagnóstico radiológico en Norteamérica en Dartmouth el 3 de febrero de 1896.

Roentgen ganó el premio Nobel de Física en 1901 por su descubrimiento ( 3 ).

En enero de 1896, el Dr. Otto Walchoff realizo la primera radiografía dental en su propia boca, utilizando 25 minutos de exposición. En agosto de 1899 el Dr. Edmund Kells, dentista, publico en la revista Publicación Dental Cosmos, las indicaciones del uso de rayos x en Odontología, a través de patrones estandarizados para tomar radiografías dentales. Al cabo de un tiempo comienza a tener problemas de salud, perdiendo un dedo, posteriormente la mano, el brazo debido a un cáncer, y llegando finalmente al suicidio, es así que se convierte en Mártir del avance de la radiología dental.

El 10 de febrero de 1923 se produce el fallecimiento de Wilhelm Conrad Roentgen por cáncer de colón debido a la radiación ( 4 ).



( 1845 – 1923 )

Ya en la guerra de Sudán de 1897, se utilizaron los primeros sistemas de visualización portátiles.

Uno de los pioneros de la radiología médica fue Antonio Béclere, un médico francés que pronto se apasionó con las posibilidades de este nuevo invento. “ Esta vía me pareció como el camino de la Tierra Prometida “, llegó a escribir.

Nombrado en 1897 jefe de servicio del Hospital Tenon, en París, creó, costeándolo él mismo, el primer laboratorio hospitalario de radiología. En esta época, Béclere no paró de estudiar, de experimentar y de publicar el resultado de sus investigaciones. En poco tiempo, creó el primer servicio de enseñanza radiológica, a pesar de las burlas de sus coetáneos y la incomprensión general de la comunidad médica. Varios colegas le advirtieron : “ Tu deshonras al cuerpo de hospitales haciendo de fotógrafo “, y es que la radiografía se consideraba, en el peor de los casos, como una “ linterna mágica “ y, en el mejor de ellos, como una proeza técnica, una variación de la fotografía sin aplicaciones médicas concretas.

Por supuesto, la historia no tardó en quitar la razón a los detractores. Sin embargo, durante décadas, la radiografía se utilizó como un mero complemento de diagnóstico con aplicaciones muy limitadas. En 1915 en adelante, por ejemplo la Radium Luminous Materials Company, de Nueva Jersey ( EE.UU. ) dio empleo a cientos de muchachas para pintar artículos tales como esferas de relojes con una mezcla de radio y sulfuro de zinc, las operarias humedecían la punta de sus pinceles con la boca, pronto los odontólogos del lugar anunciaron la aparición de una enfermedad que denominaron " mandíbula de radio ", a fines de 1929 cuatro de ellas habían muerto de cáncer óseo y anemia plástica.

Dos avances importantes vinieron a paliar las limitaciones. Por un lado, la considerable mejora de los soportes de imagen fotográfica, con emulsiones y materiales mucho más sensibles. Por otro, la invención en los años sesenta del llamado intensificador de imagen, que asociado a los corrientes medios informáticos, permitían registrar por computadora las informaciones enviadas por el rayo x ( 2 ).

Un dato adicional es que en el año de 1944 los médicos radiólogos de EEUU tenían un índice de leucemia elevadísimo, en relación con otras personas, por lo que se determino que los rayos x eran dañinos.

## B) PRODUCCION DE RAYOS X .

Para entender la producción básica de los rayos x se requiere primero un entendimiento elemental de la composición de la materia.

Todo tipo de materia, viva o no, está compuesta de átomos. El átomo a su vez está compuesto de partículas subatómicas más pequeñas que constan principalmente de un cuerpo central grande llamado núcleo. El núcleo contiene dos partículas, una con carga positiva que es el protón y otra sin carga llamada neutrón. Los electrones con carga negativa giran alrededor del núcleo.

Esto se puede representar con el modelo de estructura atómica de Bohr, el cual establece que los electrones siguen trayectorias circulares y definidas alrededor del núcleo que denominó órbitas, pudiendo saltar de una a otra.

Los resultados de varios estudios referente a la disposición de los electrones en los átomos, indican que estos, están agrupados en órbitas ( capas ), cada una de las cuales posee una energía definida y un número máximo determinado de electrones. Se acostumbra representar a los electrones del átomo girando en órbitas alrededor del núcleo en igual forma en que los planetas giran en trayectorias elípticas respecto al sol.

Aún cuando esta imagen no es enteramente exacta, proporciona, sin embargo, un modelo necesario para la comprensión del átomo. estas órbitas bien definidas ( o capas ) se llaman corrientemente niveles de energía puesto que es necesario una cantidad mínima definida de energía para extraer un electrón de una capa cualquiera, cada capa se designa con un número, de acuerdo al orden decreciente de energía de enlace, o también mediante una letra, desde la K hasta la Q, tal como se muestra a continuación.

La primera capa se designa con la letra K, la segunda con la L, la tercera con la M y así sucesivamente hasta llegar a la letra Q o séptima capa que es la más lejana en todos los elementos conocidos hasta la fecha ( 7 ).

Una característica del átomo es su neutralidad eléctrica. Esto es debido a que generalmente existe el mismo número de electrones y protones ya que existe una fuerza electrostática entre ambos manteniendo

el equilibrio de cargas.

Entre más cercano se encuentre una órbita al núcleo mayor es la fuerza de unión por lo tanto cuanto mayor sea la distancia entre los electrones y el núcleo, están más flojamente unidos al núcleo.

Los rayos x son vibraciones atómicas cuyo origen se explica de la siguiente manera :

Cuando un electrón libre animado de gran velocidad choca dentro de un átomo pesado con otro electrón satélite haciéndolo pasar de una a otra de las órbitas profundas del átomo se produce un desequilibrio energético dentro de este y se manifiesta exteriormente por la emisión de rayos x.

Cuando tales choques ocurren en órbitas superficiales por menor velocidad del electrón libre se originan otras radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda como rayos ultravioleta, infrarojos, etc...

Los rayos x o Roentgen son producidos en un tubo radiogeno que consiste en una ampolla de vidrio tipo pìrex o cristal fèrrico el cual esta sellado al vacío para no desviar la corriente eléctrica de los electrones. Estos tubos son sellados así porque la presencia de cualquier gas, como el aire se opondria al paso de los electrones y por lo tanto inhibe la producción eficiente de rayos x. En este vacío se encuentran dos electrodos, el cátodo y el ánodo ( 5 ).

El cátodo lugar donde son producidos los electrones y que es hecho de tungsteno consiste en un filamento en espiral. El filamento es de aproximadamente 0.2 mm de diámetro y de 10 mm de longitud. Los tubos de rayos x actuales usualmente utilizan dos o más filamentos. Este filamento está rodeado de una pantalla o pared metálica de molibdeno llamada copa focalizadora que sirve valga la redundancia para focalizar los electrones por todo el ánodo.

Opuesto al cátodo está el ánodo que es una placa de tungsteno pequeño y rectangular llamado punto focal o diana. Este es el blanco hacia el cual se dirigen los electrones de alta velocidad. El tamaño del punto focal es un factor importante que determina el máximo espacio de resolución grabado en el rayo x. Algunos generadores de rayos x usan puntos focales de 0.1 mm con alta resolución de imagen de rayos x donde el espiral de resolución de la imagen final de rayos x es crucial como para una magnificación de mamografía. El blanco de tungsteno se encuentra incrustado en un vástago de cobre cortado a bisel y con

cierta inclinación para que puedan salir los rayos x. Este vástago de cobre facilita la rápida conducción o dispersión del calor haciendo al ánodo más eficiente. La parte posterior del cobre sobresale de la ampolla de vidrio para facilitar su refrigeración. El ánodo puede ser estacionario o rotatorio a altas velocidades. Los ánodos rotatorios poseen una velocidad de 3 000 a 10 000 rpm y son mejores disipando el calor que los ánodos estacionarios.

El tubo radiogeno está rodeado por una cubierta de plomo para que no salgan los rayos x por otros lados y la ampolla de vidrio está sumergida en un baño de aceite para proporcionar aislamiento eléctrico y un medio para la dispersión del calor por lo tanto facilita su refrigeración. Algunas unidades usan un gas refinado en lugar de aceite.

Para su función el tubo radiogeno está unido a dos transformadores : uno de baja tensión que proporciona una corriente de 3 a 5 voltios al filamento de tungsteno para que produzca la nube de electrones. El segundo es un transformador de alta tensión que proporciona el voltaje necesario para producir una alta diferencia de potencial ( entre cátodo y ánodo ) de 55 000 a 100 000 voltios. Es necesario la alta diferencia de potencial entre la nube de electrones ( cátodo ) y el blanco ( ánodo ) para imprimir una rápida aceleración a los electrones del filamento.

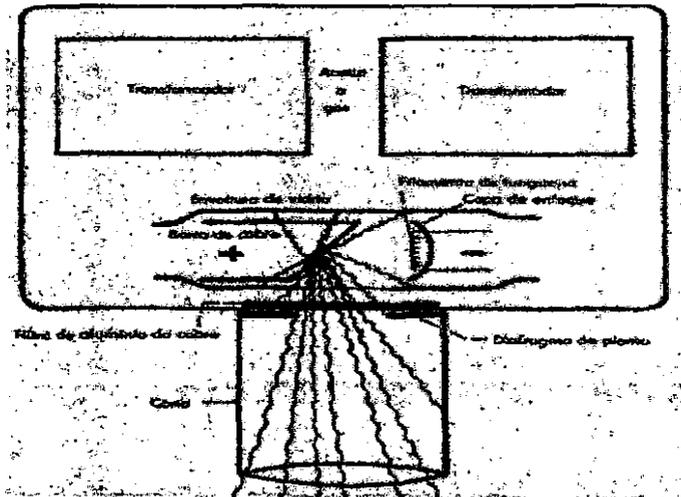
Todos estos componentes están contenidos en un nicho de metal pesado fuertemente sellado : la cabeza del tubo. Un brazo extendido permite que se mueva la cabeza del tubo hacia el paciente o bien para alejarlo de él.

La generación de rayos x en el tubo radiogeno se explica así :

Cuando se hace funcional el transformador de baja tensión el cual está unido al filamento para una corriente eléctrica de gran intensidad ( efecto joule ) por este que se convierte extremadamente caliente acercándose a 3 370 °C. Cuando esta temperatura es alcanzada los electrones se excitan, abandonan el filamento y forman una nube de electrones ( efecto Edison – Richardson ). Una vez logrado esto entra en función el transformador de alta tensión durante el paso de la corriente de alta tensión es decir cuando la corriente se hace en sentido cátodo – ánodo, los electrones libres se desplazarán hacia el ánodo. Simultáneamente la copa focalizadora por acción electrostática ( acción repelente de su campo eléctrico negativo sobre los electrones libres ) concentra electrones en un estrecho haz de rayos catódicos para que

choquen en la superficie focal o Diana y salgan rayos x a través de la ventana de emisión.

El desequilibrio energético que provoca el choque de los rayos catódicos ( electrones libres ) sobre los electrones satélites de las órbitas profundas de los átomos de tungsteno originan la emisión de rayos x.



Cabeza de el aparato radiológico y producción de rayos x.

El tablero de control tiene los dispositivos para regular la emisión de los rayos x así como al switch de encendido y apagado y el botón de activación. Los dispositivos de regulación o factores de exposición son los marcadores de kilovoltaje, miliamperaje, y el tiempo de exposición.

El Kilovoltaje ( kv ) regula la corriente de alto voltaje, la cual a su vez regula la velocidad de los electrones que viajan desde el cátodo al ánodo. Cuanto mayor sea el kv, los electrones viajarán más rápido. Un kv mas alto produce rayos x con longitud de onda más cortas. Estos tienen una frecuencia mas alta y mas energía por tanto penetran la materia con mayor facilidad. A medida que se incrementa la densidad de la materia, también se debe incrementar la energía de los rayos x con objeto de penetrarla.

Los rayos x de longitud de onda más corta es radiación dura y con más frecuencia se usa en medicina y odontología. Va de 75 a 100 kv ( uso dental ).

Los rayos x de longitud de onda heterogéneas ( cortas y largas ) es radiación mediana y va de 60 a 75 kv.

Los rayos x de longitud mas larga es radiación suave, estos se usan en odontología debido a su baja energía y a su incapacidad para penetrar los tejidos bucales mas densos y van de 50 a 60 kv.

El kv por consiguiente determina la calidad de los rayos x y se puede regular para proporcionar una emisión de rayos x que podrán penetrar al grado deseado por el dentista. Se lleva a cabo en el cátodo y ánodo.

El Miliamperaje ( ma ) determina la cantidad de rayos x que se produce durante las exposiciones al controlar la temperatura del filamento del tungsteno. Cuanto mayor sea el ma, más se calentara el filamento y será mayor el número de electrones producidos en la nube de éstos para ser impulsados hacia el punto focal. El ma, se lleva a cabo en el cátodo.

El tiempo de exposición regula la longitud del tiempo en el cual el alto voltaje pasará a través del tubo de rayos x. La longitud del tiempo necesario para exponer la película de manera adecuada variará de acuerdo con el paciente. En los diversos paquetes de películas, los fabricantes incluyen tiempos de exposición recomendados para cada técnica en la cual se usa la película.

Al presionar el botón de activación se oirán dos chasquidos. El primero es el efecto del alto voltaje sobre el tubo. El segundo es la terminación del alto voltaje y el fin de la generación de los rayos x.

## C) GENERALIDADES DE LOS RAYOS X.

Ahora se sabe que los rayos x o también llamados Roentgen, pertenecen al grupo de radiaciones electromagnéticas, así llamadas debido a que son una combinación de energía eléctrica y magnética de la misma naturaleza que la luz, pero con una longitud de onda diferente. Estas radiaciones no tienen partículas o masa, sino que son energía pura. Se mide en Angstrom y su límite es de 0.01 a 5 angstrom por lo tanto es indivisible.

Además de la característica e importante propiedad de atravesar cuerpos o materia; tienen otras que determinan su aplicación en medicina y odontología.

1.- Reduce el bromuro de plata de una placa fotográfica, es decir, puede imprimir una imagen sobre una emulsión ( principio de la radiografía ).

2.- Provoca fluorescencia ante determinadas sustancias ( base de la radioscopia ). Las placas panorámicas se sensibilizan con la luz que se provoca en las pantallas reforzadas. Las radiografías se colocan en un chasis y dentro se genera la fluorescencia.

3.- Su absorción por medios biológicos se traduce en modificaciones celulares ( irritabilidad, inhibición y destrucción según la dosis ), motivo de su utilidad en radioterapia, por lo tanto implica necesidad de un manejo adecuado.

Los rayos x, alfa, beta, gamma y cósmicos son ionizantes, su acción sobre los átomos y moléculas provocan su división en iones, estos pueden volver a reunirse bajo nuevas formas químicas, así tenemos que por acción de los fotones de rayos x se puede producir en los tejidos transformaciones químicas extrañas particularmente la del agua en peróxido de hidrógeno (  $3H_2O_2$  ), esto es muy tóxico para los diversos tejidos. En nuestro organismo la acción ionizante se hace sentir especialmente en los cromosomas cuyos efectos se manifiestan durante la división celular causando la evolución anormal o muerte celular.

El efecto de la radiación ionizante va de acuerdo a la cantidad de radiación absorbida y a la radiosensibilidad celular.

Durante el funcionamiento del aparato de rayos x la radiación ionizante Roentgen se manifiesta bajo tres formas :

Primaria o útil :

La radiación primaria es emitida por el tubo de rayos x o específicamente es la que emite el punto focal o Diana en forma de haz y sale por la ventana de emisión. El paciente recibe principalmente la radiación primaria, debido a que se usa para exponer la película. Su dirección puede predeterminarse y por lo tanto es controlable.

Secundaria o dispersa :

Esta es emitida por los objetos que son alcanzados por los rayos primarios principalmente los tejidos suaves de la cara del paciente, estos proporcionan la fuente principal de radiación secundaria en el consultorio dental y se hace en todas direcciones.

Escape :

Es la que escapa por la cabeza del aparato generador de rayos x, por otros lugares que no son la ventana de emisión. La radiación por escape en los aparatos de ahora es de poca consideración pero puede llegar a ser importante cuando existen fallas en la cabeza de los aparatos ( 6 ).

A menudo se hace la pregunta : ¿ puedo regresar al cuarto o acercarme al paciente y a la unidad de rayos x inmediatamente después de la exposición, o debo esperar unos momentos ¿. en otras palabras, ¿ existe alguna radiación retardada ¿ si se enciende una luz en un cuarto oscuro, éste se ilumina instantáneamente. Cuando se apaga la luz, el cuarto oscurece instantáneamente. Esta es la acción exacta de los rayos x. Solo se produce cuando la corriente eléctrica continúa para generarlas en el tubo de rayos x. Cuando se apaga la corriente cesa instantáneamente la producción de rayos x, y en el cuarto queda libre de cualquier rastro de radiación primaria, secundaria o de escape ( 1 ).

Los rayos x siendo una radiación ionizante, puede romper la neutralidad eléctrica del átomo y hacerlo inestable. Si se producen suficientes moléculas inestables, el tejido afectado no funcionará de manera normal.

Cuando la radiación interacciona con una célula se producen ionizantes y excitaciones bien en las

macromoléculas biológicas ( por ejemplo el ADN ) bien en el medio en el que están suspendidos los organelos celulares ( por ejemplo el agua ), la acción de la radiación sobre la célula se puede clasificar en directa o indirecta según el lugar en el que se produzcan esas interacciones.

La acción directa ocurre cuando una partícula ionizante interacciona con y es absorbida por una macromolécula biológica como el ADN, el ARN, las proteínas, las enzimas o cualquier otra macromolécula de la célula. Estas macromoléculas ionizadas son entonces estructuras anormales. Así, el daño se produce por la absorción directa de energía y por la subsecuente ionización de una macromolécula biológica de la célula.

Comparada con la acción directa, la acción indirecta implica la absorción de radiación ionizante por el medio en que están suspendidas las moléculas. La molécula de la célula que media fundamentalmente en la acción indirecta es el agua.

En resumen, la acción directa produce daños por la ionización directa de una macromolécula biológica; la acción indirecta produce daños a través de reacciones químicas iniciadas por la ionización del agua. En ambos casos la ionización es la misma; la definición de acción directa o indirecta depende del lugar donde se produzca la ionización y la absorción de energía en la célula.

Las células genéticas y las células somáticas son los dos tipos de células que forman los tejidos del cuerpo humano. Las células genéticas, las cuales contienen los genes, participan en la reproducción. Todas las otras células se clasifican como somáticas. Por ejemplo, son células somáticas las células de la piel, del cabello, de la sangre, de las glándulas, del hueso, de los nervios, y del músculo, así como las que forman la sangre.

Los efectos de la radiación ionizante en el ser humano, se clasifican en somáticos y hereditarios.

Efectos somáticos .

Cuando los efectos se manifiestan en el individuo que se ha expuesto a la radiación ionizante, se denomina efectos somáticos, estos pueden ser por ejemplo : la esterilidad, cataratas, disminución de las células en la médula ósea, la inducción de cáncer.

Los efectos somáticos se definen como aquellos que afectan a la salud del individuo; los efectos somáticos tardíos inducidos por la radiación comprenden la carcinogénesis y el acortamiento no específico de la vida.

**Carcinogénesis :** Desde hace mucho tiempo se sabe que la radiación es un agente carcinógeno ( inductor del cáncer ). El primer caso de carcinoma inducido por la radiación fue el producido en 1902 en las manos de un técnico a varios años del descubrimiento de los rayos x. Se conocían 100 casos de cáncer de piel producidos en personas profesionalmente expuestas a la radiación, tanto radiólogos como técnicos. Desde entonces, la radiación se ha considerado también como el factor causante de otros tipos de enfermedades malignas.

**Acortamiento no específico de la vida :** los estudios en animales pequeños han demostrado que los que se exponen de modo crónico a dosis baja de radiación mueren más jóvenes que los animales nunca expuestos a la radiación. El examen post-mortem de estos animales reveló una disminución del número de células parenquimatosas y de vasos sanguíneos, y un aumento de tejido conjuntivo de los órganos, lo que constituye manifestaciones de un proceso de envejecimiento. Este fenómeno se suele denominar envejecimiento inducido por la radiación, porque parece una aceleración del proceso de envejecimiento.

El acortamiento no específico de la vida debido a la radiación también se ha observado en el hombre, aunque parece poder explicarse por un aumento de enfermedades malignas, en especial en el intervalo de las dosis bajas. Se trata de un tema discutido, porque mientras que algunos estudios presentan un acortamiento de la duración de la vida, otros indican lo opuesto, un alargamiento de su duración.

**Efectos hereditarios .**

Si los efectos no se presentan en el individuo expuesto, si no afectan a sus descendientes, se denominan efectos hereditarios o genéticos ( alteraciones genéticas por ejemplo ).

Un cambio en un cromosoma supone cambios correspondientes en el ADN. Los cambios en el ADN, ya se trate de una alteración de la cantidad de el ADN como resultado de una lesión o de una alteración en la sucesión de bases de la molécula de ADN, se producen cambios en la información genética de la célula. Estos cambios de la información genética se llaman mutaciones.

No siempre es factible determinar las consecuencias de las mutaciones para la célula. Algunas consecuencias serán graves, como la muerte de la célula; sin embargo, muchas mutaciones no son detectables y no producen la muerte de la célula. Por estos cambios discretos, difíciles si no imposibles de detectar, pueden tener en realidad gran importancia para los seres humanos y para la población general.

El tipo de célula ( somática o germinal ) en la que se producen el cambio tiene implicaciones importantes. Aunque las mutaciones en las células somáticas tienen consecuencias para el individuo en cuestión, no tienen un efecto sobre la población general. Por otra parte, las mutaciones en las células germinales si afectan a la población general porque la célula que transporta la mutación puede jugar un papel en la concepción y afectar a las generaciones futuras.

Aunque los factores somáticos tardíos son nocivos para el individuo que los sufre, las mismas si no mayores consecuencias tiene la radiación sobre las generaciones futuras, de hecho, durante muchos años se penso que los riesgos para las generaciones futuras eran las consecuencias mucho mayores que los riesgos para el individuo, idea que actualmente se esta poniendo en cuestión.

Ocasionalmente por una razón desconocida, los genes y el ADN cambian espontáneamente, alterando la estructura o la cantidad de ADN que hay en la célula, estos cambios que se producen de forma natural, denominados mutaciones espontaneas, son permanentes, es decir pueden pasar de célula a célula y posiblemente de generación en generación.

Los efectos de las mutaciones en el individuo que suelen ser nocivo dependiendo del gen en el que se produce el cambio, ciertos genes son básicos para la vida y por lo tanto una mutación en ellos es gravemente nociva produciendo generalmente la muerte del individuo antes que llegue a la edad adulta, el mongolismo y la hidrocefalia constituyen ejemplos de mutaciones espontaneas en la población humana.

En cada generación surgen cierto número de mutaciones espontaneas pero que se llaman frecuencia de mutación. La frecuencia de mutación espontanea en una generación se puede alterar por una serie de factores de los que se encuentran los virus, los productos químicos y la radiación, estos agentes denominados mutagenos, son los causantes del aumento de la frecuencia de la mutación espontanea.

En la mayoría de los casos, los efectos visibles de la radiación sobre la morfología de un órgano no son característicos ( si no se supiera que se han producido una exposición a la radiación, los cambios observados no indicarían que la radiación es el agente productor de esos cambios ) hay muchos otros tipos de agresión que producen los mismos cambios.

La respuesta morfológica de un órgano a la radiación se produce en dos fases generales : cambios morfológicos iniciales y cambios tardíos ( 7 ).

Actualmente existe una escala de radiosensibilidad y va de la siguiente manera :

- 1.- Embrionarias.
- 2.- Sexuales.
- 3.- Hematopoyéticas.
- 4.- Epiteliales y endoteliales.
- 5.- Tejido conjuntivo.
- 6.- Tubulares del riñón.
- 7.- Oseas.
- 8.- Nerviosas.
- 9.- Musculares.

El grado de sensibilidad de las células en general es directamente proporcional a su capacidad de reproducción.

Se debe tener en cuenta que cada exposición radiológica es acumulativa; por lo tanto los efectos genéticos y somáticos no se manifiestan inmediatamente sino a largo plazo. Se denomina Periodo Latente al tiempo transcurrido entre la exposición y la aparición de los efectos clínicos.

## D) APLICACIONES EN ODONTOLOGIA .

Con la introducción paulatina de una exploración radiológica sistemática empezó a mostrarse el firme interés hacia la optimización, paso a paso, de la exploración del paciente, es decir, hacia el perfeccionamiento de aquello que se considera como base indiscutible para la planificación de un tratamiento y su control. A su vez, este paulatino desarrollo llevó al convencimiento de que el cometido médico de un odontólogo debe ser el de descubrir las alteraciones patológicas en su estadio más inicial y acometer el tratamiento precoz de las alteraciones del desarrollo. Puesto que ninguna serie radiográfica a base de imágenes individuales y por muy amplia que sea puede reproducir a la perfección la situación en conjunto del órgano masticatorio en todas sus partes y sus relaciones respecto a las regiones adyacentes, lentamente empieza la radiografía panorámica a introducirse como base de la recogida de datos sistemática y con un ahorro no sólo económico, sino también de emisiones de rayos x.

En la exploración se deben examinar radiológicamente no únicamente los dientes y sus estructuras de soporte, sino, además, los maxilares, incluyendo el ángulo mandibular y las articulaciones temporomandibulares. de lo contrario, esta exploración odontológica, la orientación del paciente y, en su caso, el tratamiento serían incompletos y, por ello, deficientes. El argumento de que la consecución de tales propósitos conllevaría un aumento de los costos y de sobrecargas de radiación no es convincente, puesto que, contrariamente, un diagnóstico precoz de las anomalías de las piezas dentales y de los maxilares, así como de las enfermedades de éstos, produce el efecto final de ahorro tanto de radiaciones como de costos, independientemente de las ventajas que repercuten directamente en la salud. Si sumamos todos estos argumentos, obtendremos obligatoriamente un claro voto a favor de la utilización de la ortopantomografía como información básica, que ya hoy en día ha empezado a sustituir y eliminar las series radiográficas convencionales de todo tipo. La elaboración complementaria de radiografías individuales sirve únicamente para complementar la imagen panorámica en ciertas cuestiones específicas, como, por ejemplo, en el control y el tratamiento de enfermedades periodontales. La ampliación de la ortopantomografía por medio de radiografías craneales convencionales y de otros procedimientos gráficos deberá llevarse a cabo o ser indicada en cada caso, teniendo buen cuidado en la protección contra las radiaciones con conocimiento de las posibilidades técnicas radiográficas y diagnósticas.

El odontólogo individual que puede determinar por sí mismo las posibilidades del diagnóstico radiológico en su consulta, no podrá declinar en lo sucesivo la responsabilidad de efectuar al paciente una exploración oral completa. No en vano, los odontólogos forman el único colectivo sanitario que, con más o menos regularidad, puede controlar los dientes, la mucosa oral y los maxilares de la práctica totalidad de la población.

Bajo el concepto de estrategia de exploración entendemos la elección racional, adecuada a cada indicación, de unos métodos de exploración radiológica acreditados, con objeto de evitar radiografías e irradiaciones innecesarias.

Hoy en día, debemos afirmar que la elaboración de ortopantomografías es indispensable en los siguientes casos :

- Primera exploración de nuevos pacientes de cualquier edad ( también por ortodoncistas y periodoncistas ).
- Diagnóstico precoz de alteraciones del desarrollo de las arcadas dentarias ( especialmente indicado a los 10, 15 y 20 años de edad, para el control de la dentición y la detección precoz de quistes y tumores odontógenos ).
- Determinación de las causas de la ausencia de piezas dentales.
- Valoración radiológica de dientes no vitales ( búsqueda del foco infeccioso ).
- Sospechas de enfermedades odontógenas de los senos maxilares.
- Molestias en las articulaciones temporomandibulares debidas a la maloclusión ( la ortopantomografía debe hacerse en este caso siempre en oclusión habitual ).
- Asimetrías faciales y de los maxilares.
- Tumefacciones dolorosas, sensibles a la presión o asintomáticas.
- Heridas de extracción con problemas de cicatrización y sospecha de osteomielitis.
- Reconocimiento de quistes no odontógenos, tumores y lesiones de tipo tumoral.
- Sospecha de crecimiento de tumor intraóseo o invasivo, o de posibles metástasis.
- Parestesias del nervio mandibular.
- Exploración de enfermedades sistémicas y síndromes.

- Fracturas mandibulares y faciales, y sospecha de fracturas tras un accidente.
- Antes y después de llevar a cabo una intervención quirúrgica.

Se sobreentiende que antes de proceder a la elaboración de una ortopantomografía en un nuevo paciente, deberán requerirse las radiografías tomadas por su odontólogo anterior, a fin de reducir los efectos de la radiación y los costos al mínimo necesario.

El conocimiento de que sólo la radiografía panorámica permite mostrar de un modo completo y perfecto el estado de una situación general nos conduce cada vez más hacia una nueva estrategia de la exploración radiológica, teniendo como objetivo la disminución y ahorro de los costos y de la irradiación, y en la que la radiografía individual adquiere en gran medida el carácter de radiografía complementaria.

Esta estrategia está basada en la proyección básica de la ortopantomografía, que puede dividirse en cuatro regiones diagnósticas, que son :

Región dentoalveolar.

Región maxilar.

Región mandibular.

Región de la articulación temporomandibular ( incluyendo la región retromaxilar y cervical ).

Las radiografías especiales complementarias, necesarias en ciertos casos, se llevarán a cabo con los propios medios existentes en el consultorio dental, según el equipo con el que esté dotada la consulta, o se remitirá al paciente a una clínica o instituto radiológico.

Radiografías especiales para la exploración de la región dentoalveolar :

- Radiografía de aleta de mordida para el diagnóstico de caries.
- Radiografía dentaria del tipo periapical para determinar lesiones periapicales y la aparición de problemas endodónticos.
- Radiografía dentaria de tipo periodontal para un diagnóstico periodontal.
- Radiografía dentaria y, eventualmente, radiografía de aleta de mordida para la determinación de la posición ante problemas de localización.

Estas radiografías pueden realizarse con cualquier aparato radiográfico.

Radiografías especiales para la exploración de la región maxilar :

- Radiografía oclusal del maxilar, por ejemplo, para mostrar los detalles patológicos de las estructuras, según esté indicado.
- Telerradiografía en proyección lateral y posterior, por ejemplo, en los problemas de localización en el maxilar.
- Radiografía hemiaxial del cráneo facial, con máxima apertura bucal, por ejemplo, para la exploración del seno maxilar en afecciones odontógenas.
- Tomografías computarizadas.

Las radiografías oclusales pueden llevarse a cabo empleando cualquier tipo de aparato radiográfico.

Las telerradiografías y radiografías hemiaxiales del cráneo facial sólo pueden efectuarse en la consulta mediante un ortopantomógrafo, equipado con un dispositivo telerradiográfico.

En el caso correspondiente se recomienda su remisión a un instituto radiográfico, puesto que el equipamiento de un radiólogo comporta un índice menor de radiación. En lo sucesivo, además, la técnica radiográfica convencional e incluso la tomografía van siendo sustituidas por las mejores posibilidades gráficas que ofrece la tomografía axial computarizada ( TAC ).

Radiografías especiales para la exploración de la región mandibular :

- Radiografía oclusal de la mandíbula, por ejemplo, para la representación de detalles patológicos de la estructura, quistes, fracturas y localizaciones.
- Radiografías posteroanteriores con panorámica de la mandíbula con máxima apertura bucal para representación frontal de la articulación temporomandibular, así como de la rama ascendente, y la localización de terceros molares situados de forma atípica ( también del maxilar ).

Las radiografías oclusales, sean del tipo que sean, pueden realizarse por medio de cualquier aparato radiográfico dental. Pero la radiografía posteroanterior de la mandíbula podrá ser únicamente efectuada en la consulta dental mediante un ortopantomógrafo equipado con un dispositivo de telerradiografía.

En caso necesario, se recomienda su envío a un instituto radiográfico especializado. También en este caso, la técnica de radiografía y la tomografía convencionales serán sustituidas por la TAC, cuyo empleo

queda únicamente limitado en los casos de implantes y reconstrucciones metálicas por la formación de artefactos.

Región de la articulación temporomandibular, incluyendo las regiones retromaxilar y cervical :

- Podemos explorar la articulación temporomandibular empleando métodos no invasivos o invasivos. por principio se suele aplicar la técnica de exploración no invasiva con radiografía craneal axial para la determinación del ángulo de inclinación de los ejes condileos respecto al plano medio sagital.
- Las siguientes tomas pueden constar de radiografías del tipo Schüller.
- Pueden, sin embargo, estar formadas también por una serie de tomografías laterales y frontales reunidas.
- En lo sucesivo, pueden emplearse la TAC con ventana ósea para detectar cambios óseos en la articulación temporomandibular y la TAC con ventana de partes blandas para las representaciones de las partes blandas ( disco articular ).
- En algunos casos especiales, mediante la resonancia nuclear magnética ( RNM ) se nos ofrece la posibilidad de representar el disco de forma no interventiva.
- La radiología interventiva de la articulación temporomandibular se mantiene todavía asociada a los métodos de artroscopia y artrografía.
- Hoy en día, a pesar de la competencia de la tomografía computarizada, la representación de las glándulas salivales sigue llevándose a cabo, en la mayoría de los casos, con la ayuda de la sialografía. Como método radiográfico se sigue empleando, junto a la ortopantomografía, la técnica " de mandíbula individualizada lateralmente " y, para la representación de la glándula parótida en el plano frontal, la técnica " panorámica posteroanterior mandibular ".
- La exploración de la cadena estilohioides y del hioides se consigue, todavía en gran parte hoy en día, mediante una técnica radiográfica especialmente blanda, del tipo de las radiografías " de mandíbula individualizada lateralmente ", a pesar de que, principalmente, el hioides se puede representar perfectamente mediante la tomografía computadorizada.

Las radiografías craneales convencionales del tipo de proyección axial y de Schüller pueden ser también elaboradas en la consulta dental, siempre que se cuente para ello con los aparatos adicionales necesarios. Es, sin embargo, aconsejable, por los motivos citados anteriormente, dejar a los institutos

radiológicos especializados el control de tales labores, puesto que, de la misma forma, ellos se hallan capacitados para ampliar la exploración mediante el uso de las más modernas posibilidades que les ofrece las técnicas radiológicas, en caso de ser necesarios. Artroscopias y artrografías con el uso de la tomografía convencional ( artromografías ) deberían llevarse a cabo con suma precaución, de forma estéril y por especialistas, quienes a su vez asegurarán su interpretación correcta.

Lo mismo cabe señalar para las sialografías y las radiografías de hioides, que deberían efectuarse lo menos posible en el consultorio odontológico, delegándose igualmente.

Un procedimiento reflexionado y elaborado según la propuesta presentada anteriormente supone, en cualquier caso, un procedimiento racional. Puesto que de este modo pueden llevarse a cabo las exploraciones necesarias con un mínimo de esfuerzo, limitaremos también la radiación necesaria, por lo que en este caso podremos hablar, con toda justicia, de “ protección activa contra la radiación “ ( 8 ) .

## II. - RADIOLOGIA DIGITAL.

### A) ANTECEDENTES.

Cassettes de película .

Por los primeros cincuenta años de radiología, la examinación primaria era complicada producía una imagen por un enfoque de rayos x a la parte del cuerpo de interés y directamente hacia una pieza individual de película dentro de un cassette especial. En los primeros días, unos rayos x de cabeza requería de más de 11 minutos de tiempo de exposición. Ahora, las imágenes modernas de rayos x son hechas en milisegundos y las dosis de rayos x usada actualmente es pequeña, 2% de lo que fue usada para 11 minutos de examen de la cabeza 100 años atrás. Más adelante, las técnicas modernas de rayos x tienen significativamente más espacio de resolución y mejor detalle de contraste. Esto mejora la calidad de imagen permitiendo el diagnóstico de patologías pequeñas que pueden no detectarse con antigua tecnología.



Un sistema de rayos-x de los primeros días.

Los pacientes aún tenían que sostener por ellos mismos los cassettes.

Pantallas fluorescentes .

Este desarrollo involucra el uso de pantallas fluorescentes y vidrios especiales para que el Dr. pueda ver imágenes de rayos x en tiempo real. Esto causa que el Dr. vea directamente dentro del rayo x creando

exposición no deseada de radiación. En 1946 George Schoenander desarrollo un cassette de película que le permitía exponer varias series de cassette de película en 1.5 segundos por cassette.

#### Medio de contraste .

Un desarrollo mayor a lo largo del tiempo era la aplicación de medio de contraste farmacéutico para ayudar a visualizar órganos y sangre con mayor claridad y contraste de imagen. Estos agentes de contraste ( líquidos como el yodo y sulfato de bario ) era primeramente administrado por vía oral o via inyección vascular entre 1906 y 1912 permitió a los Drs. ver torrentes sanguíneos, sistemas digestivos y gastrointestinal, ductos biliares y vejiga.

#### Intensificador de imagen .

En 1955, el intensificador de imagen de rayos x fue desarrollado y permitió recoger y exponer la película usando una cámara y monitor de televisión. Para los años 60's, el sistema fluorescente fue reemplazado por un intensificador de imagen. Esto se usa mucho en Angiografías.

#### Medicina nuclear .

Los estudios de medicina nuclear que fueron hechos en los años 50's usando cámaras especiales gamma, estos estudios de medicina nuclear requieren la introducción de químicos en bajo nivel radioactivo en el cuerpo ( isótopos radiactivos ). Estos radionúcleos son tomados de los órganos en el cuerpo y luego emite señales de radiación que son medidos o detectados por la cámara gamma. Este se utiliza en el diagnostico de enfermedades cardiacas, renales, cerebrales, etc ...

#### Ultrasonido .

En los 60's fue aplicada al diagnostico de imagen. El proceso consiste en poner un pequeño instrumento llamado transductor, en la piel del paciente cerca de la región de interés. El transductor produce ondas de sonido de alta frecuencia que penetran dentro del cuerpo y refleja a los órganos internos ( por ejemplo los riñones ). Estas ondas son recibidas por la maquina de ultrasonido y transformadas en fotos en vivo con el uso de computadoras y software de reconstrucción.

#### Tomografía computarizada .

Inventada en 1972 por Godfrey Hounsfield en Inglaterra. Esta tomaba horas para adquirir una pequeña

rebanada de imagen y más de 24 horas para reconstruir este dato en una imagen simple. Los sistemas de hoy pueden adquirir una imagen simple en un segundo y reconstruirla inmediatamente. Hounsfield recibió el premio Nobel de medicina en 1979 por este invento.

#### Resonancia magnética .

Iniciaron su investigación en los 50's y para 1984 comenzó su comercialización. Su creación se atribuye a Paul Lauterbur. Permite la visualización de los tejidos blandos y ello sin necesidad de irradiar al paciente ni inyectar medios de contraste. Este estudio se basa en la ecografía y tiene una duración aproximada de 30 minutos.

#### Técnicas de imagen digital .

Las técnicas de imagen digital fueron implementadas en los años 70's con el primer uso clínico y aceptada en la tomografía computarizada.

En los siguientes 10 a 15 años una larga mayoría de sistemas convencionales de rayos x fueron también actualizados a toda la tecnología digital, eventualmente, todos los sistemas de cassette de película/pantalla de película serán reemplazados por detectores digitales de rayos x. Esta tecnología está actualmente trabajándose y solo está disponible en algunos sitios del mundo. Un paso intermedio llamado tecnología de placa fluorescente actualmente está disponible en cientos de lugares alrededor del mundo. Estas placas atrapan la energía de rayos x y requieren un proceso intermedio para liberar la información guardada para ser convertida en una imagen digital ( 9 ).

## **B) GENERALIDADES DE RADIOLOGIA DIGITAL.**

El uso de imágenes de cualquier naturaleza, siempre tuvo un importante papel en las actividades prácticas de la medicina y odontología. Podemos citar como ejemplos: diagnóstico por imágenes, fotografías, radiografías y gráficas.

Con el desarrollo de la electrónica y más recientemente la computación, las imágenes obtenidas a través de dispositivos electrónicos y/o digitales conquistan cada vez más el espacio en las diversas aplicaciones actuales.

Son consideradas imágenes electrónicas todas aquellas en que tienen un proceso electrónico en su generación, como por ejemplo las imágenes generadas por un aparato de ultra-sonido, o las propias imágenes que recibimos por la televisión, que son generadas por una cámara de video y transmitidas por ondas de radio.

Una dosis especial de imágenes electrónicas son las imágenes digitales, que son imágenes obtenidas electrónicamente y convertidas en datos numéricos y almacenadas o manipuladas en la computadora digital ( 10 ).



Sistema de radiología dental digital o computada.

La radiología es una nueva herramienta de diagnóstico disponible en odontología que permite más exactitud en la evolución de la salud oral. Esta maquina es una computadora basada en un sistema de rayos x convencional, por lo tanto no modifica tu generador de rayos x.

En vez de poner imágenes en un negativo de rayos x, la radiología digital usa un sensor eléctrico pequeño conectado directamente a la computadora, el sensor es colocado en la cavidad oral como si fuera una película radiográfica, para cualquier exposición requerida ya sea anterior, posterior o de aleta mordible, el operador presiona un botón y la imagen radiográfica es convertida dentro de una señal electrónica que es interpretada por una computadora y es expuesta instantáneamente en un monitor dando superimágenes planas de buena calidad y acierto ( 11 ), la exposición de las imágenes ocurre aproximadamente en 23 segundos aunque algunos sistemas lo hacen en 8 segundos. Las imágenes son virtualmente del mismo tamaño que una película normal, pero no necesitan ser procesadas y pueden ser revisadas miles de veces. Esto significa que no solo ahorras tiempo sino también dinero sin la necesidad de comprar películas ni líquidos químicos procesadores, eliminando así el cuarto oscuro. Es altamente sensitiva, así que los pacientes están expuestos a menos radiación que con los rayos x convencionales, calculándose que una persona recibe aproximadamente 90 % menos radiación con la radiología digital.

Al ser expuesta en la pantalla aumenta la comunicación doctor-paciente con un diagnóstico de su problema y mejora el entendimiento del paciente de las diferentes opciones de tratamiento. una radiografía convencional está hecha de sombras que van de gris – negro a blanco, es conocido la continuidad de tono de imagen. Con la radiología digital las escalas grises pueden ser ajustadas a la intensidad que sea confortable para el que la ve. El ojo humano puede ver 30 escalas grises, la computadora puede obtener 256 escalas grises. Esto permite un mejor diagnóstico.

La radiología digital se divide en 2 categorías de sistemas de adquisición de imagen: detectores de área y detectores de exploración.

Los detectores de área detectan los rayos x cuando cruzan la región que es irradiada y es expuesta inmediatamente en el monitor de la computadora. Este sitio es el que se usa en Odontología.

Los detectores de exploración son más lentos e impracticos. Necesitan más tiempo de exposición. Un ejemplo es la Tomografía Computarizada donde el paciente se mantiene inmóvil ( 12 ).

Con los recursos que la computación moderna ofrece, las imágenes digitales presentan hoy una serie de ventajas :

#### **ALMACENAMIENTO Y ORGANIZACIÓN .**

Como son tratados en forma de archivos computadorizados, las imágenes digitales pueden ser almacenadas ocupándose pequeños volúmenes. El acceso a los archivos de imágenes es fácil y eficiente debido a la organización obtenida con el uso de la computadora y de software adecuados. Cada radiografía digital puede ser duplicada tantas veces como se necesite sin que el paciente sea expuesto nuevamente a los rayos x.

#### **MANIPULACION .**

Una vez que la imagen es presentada en la pantalla, las imágenes digitales pueden ser alteradas o retocadas con facilidad y rapidez. El dentista puede ajustar el contraste o magnificar áreas específicas para aumentar visibilidad y ayudar en el diagnóstico. Estas imágenes pueden ser aumentadas 4 veces su tamaño y así aparecen los problemas escondidos.

Las imágenes llenas de color pueden ser imprimidas en un papel liso y pueden ser fácilmente duplicadas para remisiones.

En resumen, puede mejorar brillo, contraste, alterar colores, formas, colorizar imágenes en negro y blanco y una serie de recursos posibles solamente con el uso de técnicas computacionales.

#### **TRANSMISION .**

Con los actuales recursos de telecomunicaciones digitales, no solamente imágenes como cualquier dato digital puede ser transmitido a localidades distantes con la misma facilidad con que se hace una llamada telefónica ( 10 ).

Los Dentistas pueden referir un paciente al cirujano oral cuando requiera una evaluación adicional de patología oral.

El Dr. Gary Ganz dijo “ yo tuve un paciente anciano con una lesión blanca sobre su mejilla, tome una imagen de la lesión con la cámara intraoral y lo transmití al cirujano oral, la resolución de imagen que

recibió era buena, suficientemente para determinar que no necesitaba enviar al paciente a su oficina para la evaluación adicional.

Este sistema se llama teleconferencia que usa el teléfono normal para transmitir datos e imágenes.

Este sistema puede usarse para transmitir archivos de pacientes con imágenes intraorales, radiografías digitales, fichas periodontales, etc., todos mediante líneas telefónicas normales a cualquier ubicación como consultorios dentales, laboratorios dentales, hospitales o clínicas de universidades. Si no se puede tener una discusión viva en ese instante se pueden enviar los datos con acotaciones de voz al archivo. Por ejemplo, cuando el dentista recibe el expediente y lo abre, puede escuchar un mensaje como “ hola soy el Dr. Ganz “, seguido por cualquier mensaje que quiera entregar ( 13 ).

### **CARACTERISTICAS DE LAS IMÁGENES DIGITALES .**

Digitalizar una imagen, o sea, tomarla digital, significa transformarla en datos numéricos y ponerlas en la memoria de la computadora. Eso es hecho a través de un proceso llamado muestreo.

El muestreo consiste en dividir la imagen original en cuadrículos muy pequeños ( muestras ) y asociar a cada uno de ellos un número que representa el color de aquél pedazo de la imagen. Cada cuadrículo tiene información respecto a la intensidad de la luz ( brillo ) y su localización ( coordenadas ). Haciendo con que se represente la imagen como un conjunto de números que pueden ser almacenadas en la memoria de la computadora ( 14 ).

A cada cuadrículo, puede ser considerado un punto de la imagen debido a su tamaño reducido, se nombra como “pixel”. Una imagen digital de buena calidad es formada por cientos de millares de “pixels”, cada uno de ellos conteniendo un número con la información del color de aquel punto en la imagen.

Una radiografía por ejemplo es una imagen formada por diferentes tonos de gris. Si consideramos una escala numérica donde cada tono de gris corresponde a un número ( un nivel de gris ), de manera que cuanto mas claro el tono mas grande el número de que lo representa, podemos hacer un muestreo dividiendo la imagen de la radiografía en “pixels” y almacenar todos ellos en la memoria de la computadora. Para enseñar esta imagen después de almacenada digitalmente es sólo leer los números en

la memoria, asociar al color correspondiente ( tono de gris en el caso ) y dibujar cada "pixel" en el monitor en su posición correcta para así formar la imagen entera.

## RESOLUCION .

Como cada "pixel" posee solo un color, se puede fácilmente percibir que cuanto mayor o mas grande el número de "pixels", o sea, el número de divisiones que se hace en la imagen, mejor la calidad de la imagen digitalizada.

Imagínese como ejemplo una fotografía de un rostro. Suponga que el muestreo fuera hecho de modo que todo el largo de la imagen sea dividida en 10 "pixels". Se percibe rápidamente que la imagen digitalizada se quedaría "cuadrículada" porque con un número pequeño de "pixels", cada uno de ellos tendría un tamaño muy grande con relación a la imagen. En este caso, un "pixel" se quedaría casi del tamaño de un ojo en el rostro fotografiado. Eso quiere decir que cualquier detalle de la imagen menor que eso desaparecería y la imagen se presentaría de manera que se notaría claramente los "pixels" o cuadrículos.

La grandeza que mide el número de "pixels" en relación al tamaño de la imagen, o sea, la densidad de "pixels" de la imagen, se llama resolución. Cuanto mas grande es la densidad de "pixels" en una imagen, más grande o mayor es la resolución de está imagen.

La resolución es comúnmente medida en una unidad llamada DPI que significa puntos por pulgadas. Eso significa que si usted fuera a digitalizar una fotografía que mide una pulgada de largo e hiciera un muestreo dividiendo el ancho de la imagen en 100 "pixels" la resolución de la imagen obtenida sería 100 DPI, o sea, que la imagen tiene 100 "pixels" para cada pulgada de largo de la imagen original.

Con eso, se queda claro también que cuanto mayor o mas grande la resolución de la imagen digital, mas grande será el número total de "pixels" que ella poseerá, significando que el archivo de imagen será mayor, esto es, ocupará mas espacio de almacenamiento en la computadora.

Imagine una fotografía cuadrada que mide una pulgada de lado. Si digitalizamos está imagen con 100 DPI está ocuparía un espacio suficiente para almacenar  $100 \times 100 = 10\,000$  "pixels". La misma imagen digitalizada con 200 DPI gastaría entonces  $200 \times 200 = 40\,000$  "pixels" para ser almacenada.

Al trabajar con imágenes digitales tenemos que tener siempre en mente el compromiso entre la calidad y el tamaño o espacio ocupado de estas imágenes para escoger una resolución adecuada a la digitalización de acuerdo con el nivel de exigencia de nuestra aplicación.

## **EQUIPO DE DIGITALIZACION .**

La digitalización de una imagen es hecha por equipamientos específicos. Existen diferentes tipos de dispositivos que realizan el muestreo y envían la imagen digital ( el conjunto de "pixels" y algunas otras informaciones necesarias como el tipo de imagen, la resolución, largo, ancho, etc...) para la computadora. Aquí están algunos de los equipos mas utilizados actualmente.

### **SCANNER .**

El scanner es semejante a una maquina de fotocopias que se queda conectada a la computadora. Con el es posible digitalizar imágenes planas como fotografías, dibujos, textos, radiografías y otras. Ponga las fotos sobre el vidrio que contiene el aparato, cierre el tapón y a través de un comando del programa de captura en la computadora, el scanner pasa sobre la imagen con sus sensores generando la imagen digital que es transmitida para la computadora.

Los scanners modernos poseen un accesorio llamado lector de transparencia que torna posible la captura ( nombre dado también a la digitalización ) de imágenes transparentes como "slides" ( resbalarse ) negativos y radiografías que no podrían ser capturadas de otra forma solamente con el scanner. El lector de transparencia es una especie de tapón iluminador que hace el papel del negatoscopio, incidiendo una luz por detrás de la imagen permitiendo la digitalización.

### **CAMARAS DE VIDEO Y FRAME – GRABERS .**

Las cámaras de video generan una imagen en forma de una señal eléctrica análoga ( no digital ) y el frame-grabers, que es una "placa" de circuitos encajada en la computadora, convierte esta señal en una imagen digital.

La cámara genera una imagen electrónica y quien hace la digitalización es la "placa". Los frame-grabers son vendidos y acompañados también de un programa que controla el dispositivo que recibe la imagen generada.

La cámara intraoral es el dispositivo eléctrico clínico mas ampliamente aceptada en Odontología. Ha sido estimado que el 25 % de los practicantes dentales en EE.UU. ahora tienen cámaras intraorales y este número va en aumento. Esto no es sorprendente, ya que la cámara intraoral ofrece un modo de visualización y comunicación en los dentistas. Antes los dentistas se comunicaban con sus pacientes usando esbozos o con pequeñas radiografías; los pacientes no relacionaban bien con estos métodos. Ellos, sin embargo, inmediatamente comprenden imágenes de sus dientes propios expuestos en un monitor de televisión ( 15 ).

### **FOTOGRAFIA DIGITAL .**

Las máquinas fotográficas digitales llegaron recientemente al mercado y son una manera bastante eficiente de generación de imágenes digitales. Son cámaras que en lugar de películas utilizan un circuito electrónico que genera una imagen digital y ya almacenada en un disquete que se pone adentro de la misma cámara.

Este disquete después es utilizado para ser transportador de la imagen hacia la computadora. Algunas cámaras digitales almacenan un número de imágenes adentro de ella misma y después a través de un cable pasan las imágenes para la computadora sin la utilización de los disquetes.

### **TIPOS DE IMÁGENES DIGITALES .**

Durante el proceso de digitalización es posible escoger el tipo de imágenes digital deseada. Esto es hecho escogiendo el modo de captura ( scan mode ). Las imágenes digitales son clasificadas en tres tipos básicos :

#### **IMAGEN NEGRO Y BLANCO .**

Son imágenes donde los "pixels" solo pueden asumir dos valores: negro y blanco. Ese modo de captura es utilizado para digitalizar imágenes que ya son originalmente en blanco y negro como textos, dibujos, etc. Es la manera de captura utilizado en las máquinas de fax.

#### **IMÁGENES EN TONOS DE GRIS ( GREY SCALE ) .**

Son imágenes donde los "pixels" asumen valores dentro de una escala gris. En general es utilizada una

escala de 256 niveles de gris donde el valor 0 ( cero ) representa el negro y el valor 256 representa el blanco. Los demás tonos de gris están entre estos dos valores. Esas imágenes son también conocidas como imágenes gray scale o 256-gray scale. Un ejemplo oportuno de imágenes en tonos de gris son las radiografías.

### IMÁGENES COLORIDAS ( COLOREADA ) .

Son imágenes capturadas utilizando tres escalas de colores. Una escala para el rojo, una para el verde, y otra para el azul. Esa combinación permite la captura de imágenes con mas de 16 millones de colores extendiendo a todo el universo de colores perceptibles al ojo humano. Ese modo de captura es conocido como TRUE COLOR. Utilizando este modo de captura podemos digitalizar cualquier imagen colorida ( coloreada ) como fotografías, etc. Como ese modo utiliza tres escalas de colores de 256 valores, las imágenes true color ocupan en general tres veces más espacio que las imágenes gray scale ( 10 ).

Comparaciones técnicas, en términos de línea – par muestran mejores resultados las películas periapicales convencionales que la radiografía dental digital ( RDD ). Reportaron que los rangos de resolución de la RDD van de 7 – 10 línea – par por milímetro, variando de 12 – 14 por película dental. Esto implica que las películas contienen más información que las imágenes de la RDD. Sin embargo, el NI – DX [ NEW IMAGE – DENTAL X ] de Dentsply tiene características de resolución de imagen de 12 líneas pares por milímetro ( 16 ). Esta ventaja que tiene la imagen no provee una relevancia eficaz en el diagnóstico. Varios estudios muestran que la RDD y películas convencionales son iguales en el diagnóstico de lesiones bien definidas dentro del esmalte dental por caries ( 17 ). Por otro lado, las radiografías solo ofrecen su mejor resolución cuando se observa con un cristal de magnificación, mientras que el sistema de radiología digital tiene integrada la magnificación necesaria.

Más aún, la capacidad de resolución del ojo humano depende de la intensidad en base a la iluminación. El alternamiento de está iluminación en las radiografías está restringido al cambio de la intensidad de la luz de la caja de proyección. Por otro lado, la radiología digital proporciona una amplia variedad de medios electrónicos para adaptarlo a una situación dada.

Numerosos autores han reportado la habilidad de la RDD de mejorar el diagnostico acerca de la detección de caries dental, patología periapical y enfermedades periodontales.

La radiología dental digital es efectiva en procedimientos quirúrgicos, es efectivo en extracciones, endodoncias e implantes.

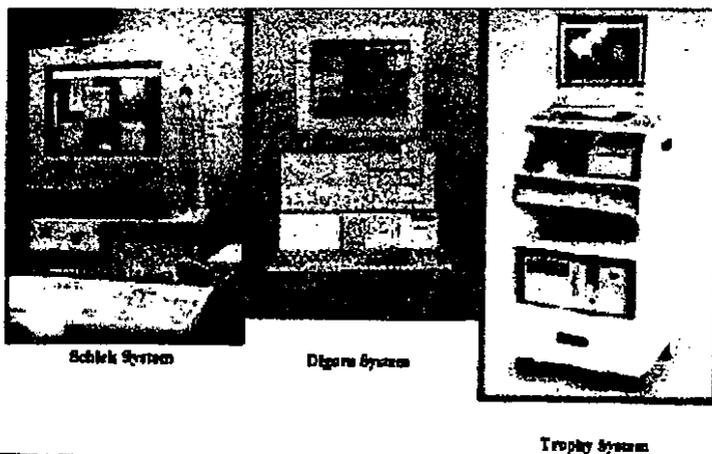
En extracciones se pueden buscar fragmentos en el sitio donde se llevó a cabo el procedimiento siendo esto instantáneo y minucioso.

Las relaciones dentales pueden ser vistas instantáneamente en una perspectiva tridimensional. Durante implantes, las estructuras específicas de hueso, incluyendo densidad y espesor, puede ser analizado de una infinita variedad de ángulos en tiempo real ( 18 ).

En la 55ª sesión anual de la Asociación Americana de Endodoncistas que se llevó a cabo el 8 de mayo de 1998 en N.Y. el Dr. John A. Khademi dijo que "hoy en día alrededor del 10 % de los endodoncistas están usando la Radiología Digital " ( 19 ).

Estudios comparativos entre radiología convencional y radiología digital para detectar lesiones producidas químicamente con ácido perclórico al 70 % en la placa cortical bucal de 6 mandíbulas de cadáveres ( 20 ) de 15 mandíbulas de cadáveres ( 21 ) demostró que en el lapso de 12 – 24 horas da radiología digital demostró lesiones tempranas que la radiología conveccional y a las 36 horas no existió diferencia.

Algunos sistemas conocidos de radiología digital son: Trophy, Dentsply, Dexis, Schick, Digora y muchos otros.



Cuando la RDD fue introducida hace 11 años al mercado ( 1987 ) tenía un costo de \$ 35 000 dólares por unidad de trabajo, ahora el costo va de \$ 8 000 a \$ 12 000 dólares por unidad ( 22 ).

## **RADIOCEF.**

El radiocef es un programa que realiza análisis cefalométricos a partir de una imagen digitalizada de una radiografía.

Como el Radiocef realiza medidas sobre la imagen, es necesario que no haya ninguna distorsión geométrica entre la radiografía original y la imagen digitalizada. Mientras el único equipo capaz de garantizar esta fidelidad son los scanners de mesa. Recomendase por lo tanto el uso de scanners de mesa ( con lector de acetato ) para la captura de las imágenes a ser utilizadas en el Radiocef como única forma de garantizar la precisión de los exámenes realizados por el programa.

Las imágenes de radiografías capturadas para ser usadas en el Radiocef precisan tener ciertas características para garantizar el correcto funcionamiento de sistemas y garantizar la confiabilidad de los resultados.

Todos los programas de digitalización ( software scanner ) permiten que estos parámetros sean específicos en la hora de capturar y almacenar las imágenes obtenidas con el scanner. Refiera al manual del software de su scanner para saber como configurarlo con los parámetros de interés para el Radiocef que son:

Manera de capturar : las imágenes digitalizadas como scanner pueden ser de tres tipos: imágenes blanco y negro, imágenes en tonos de gris e imágenes coloreadas.

El Radiocef solo trabaja con imágenes en tonos de gris ( característica básica de las radiografías ) y el modo de capturar debe ser especificado para imágenes en tonos de gris o gray scale que digitaliza las radiografías con 256 niveles de gris, generando una representación fiel de la radiografía original.

La resolución de la captura indica la densidad de puntos en que se divide la imagen y es expresada en una unidad llamada DPI que significa puntos por pulgada.

Este parámetro es fundamental para la precisión métrica de los análisis cefalométricos realizados con el Radiocef y debe ser especificado como 75 DPI.

Formato del archivo : el tercer y último parámetro de interés para el Radiocef es el tipo de archivo de las imágenes almacenadas por el programa de captura. Una vez digitalizados estos programas permiten que las radiografías sean salvadas, o sea, almacenadas en el disco de diversos formatos a su gusto. Para utilizar las imágenes digitalizadas en el Radiocef estas deben ser salvadas ( guardadas ) en el formato PCX ( PC PAIN BRUSH ), formato muy usado en varios programas gráficos y ciertamente disponible en el software de su scanner para el almacenamiento de la imagen capturada ( 10 ).

## **R A D I O D O C .**

El Radiodoc es un programa para la confección de documentos odontológicos digitales. Tales documentos pueden ser compuestos por fotografías, radiografías, análisis cefalométricos y cualquier imagen o texto que fuera necesario.

Un aspecto clave del funcionamiento del Radiodoc es la computación que el programa realiza sobre las imágenes, permitiendo que varias imágenes sean almacenadas ocupando poco espacio en el disco duro, realizando archivamiento de literalmente millones de imágenes en las computadoras de los dentistas.

El Radiodoc trabaja con todos los formatos existentes en el mercado, permitiendo que se use imágenes obtenidas por cualquier tipo de equipamientos de digitalización.

Para obtener una documentación de buena calidad y de tamaño razonable es interesante seguir algunas recomendaciones :

Siempre capture imágenes coloridas en el modo true color, imágenes en tonos de gris ( como radiografías ) en el modo gray scale e imágenes en blanco y negro en el modo half tone o line art. Esto garantizará la máxima calidad posible con el mínimo de espacio ocupado.

Observe bien la resolución que se utiliza en la captura para lograr imágenes con buena definición sin exagerar en el tamaño :

Para capturar radiografías grandes como teleradiografías o panorámicas utilice una resolución de 75 DPI. Esta es la misma resolución exigida para el uso de imágenes en el Radiocef y fue cuidadosamente estudiada y probada con satisfacción para este tipo de radiografía. Utilice también 75 DPI para capturar modelos de estudio ( modelo de yeso ) principalmente se pretende usarlo para hacer la calcografía en el Radiocef.

Radiografías pequeñas como periapicales y otras deben ser capturadas con resoluciones mayores debido a su tamaño reducido y el nivel de detalle exigido. Una buena resolución para estas imágenes sería de 200 a 300 DPI. <sup>i.</sup>

Para capturar fotografías de tamaño normal utilice de 100 a 200 DPI por causas de su tamaño medio.

Una regla simple e interesante es la siguiente : cuanto menor la imagen a ser capturada mayor deberá ser la resolución. Con eso es posible lograr padrones compatibles de calidad para todos los tipos de imagen ( 10 ).

Para radiografías panorámicas, Trophy menciona que se reemplaza el cassette de película por el cassette digital y se puede invertir el cassette cuando se quiera volver al modo tradicional. Esto reduce la dosis de rayos -x entre un 50 % y un 70 % como mínimo. El Digipan, Ortho Slice 1 000 provee radiografías panorámicas e imágenes tomográficas.



Cassette digital Digipan de Trophy.

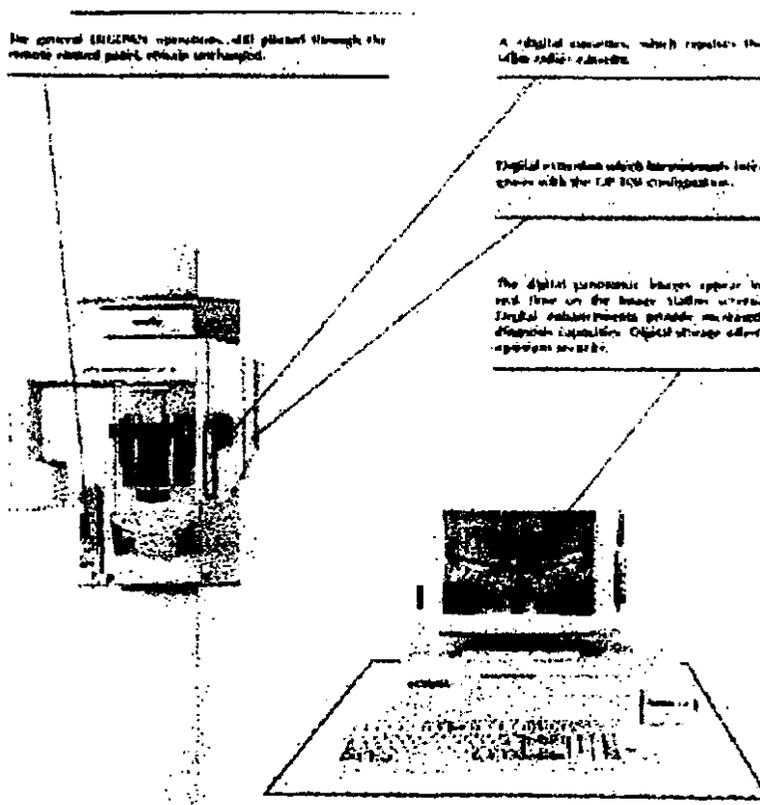
En radiología convencional se producen comúnmente imágenes borrosas por la mala posición del paciente. El Os 1 000 elimina este riesgo : los tres rayos ( sensores infrarojos ) son instantáneamente puestos en la cara del paciente.

Uno en el plano medio sagital.

Uno en el plano de Frankfurt.

Uno en el autofocus ( sistema de enfoque ).

Este sistema de enfoque es un factor decisivo en la calidad de imágenes. El sistema de enfoque permite el ajuste exacto a la morfología de cada paciente, este sistema incluye 60 posiciones ( 23 ).

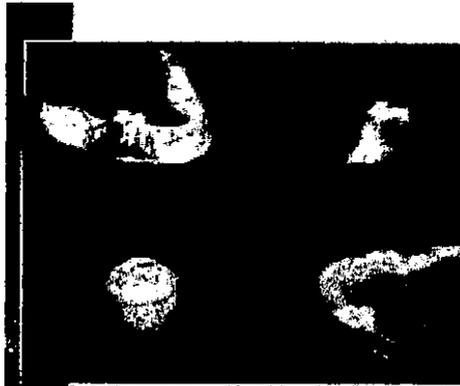


Sistema de radiología digital, Ortho Slice 1 000.

### C) ESCANER.

El invento que más ha evolucionado la historia de las observaciones radiológicas ha sido el escáner. Llamado en realidad Tomógrafo Axial Computarizado ( TAC ), el escáner explora el cuerpo del paciente, radiografiándolo desde diferentes ángulos. La gran limitación de las placas de radiografía es que ofrecen una visión bidimensional de un objeto tridimensional ( 3-D ). Las placas obtenidas, en vez de impresionar películas fotográficas, se guardan en la memoria del ordenador ( 24 ). Finalizando el proceso, los tejidos aparecen en el monitor netamente diferenciados unos de otros según sus densidades ( 25 ).

Observar un hueso en 3-D supone una herramienta indispensable de trabajo. El escáner fundado basado en el rayo-x, ofrece esta posibilidad ( 2 ).



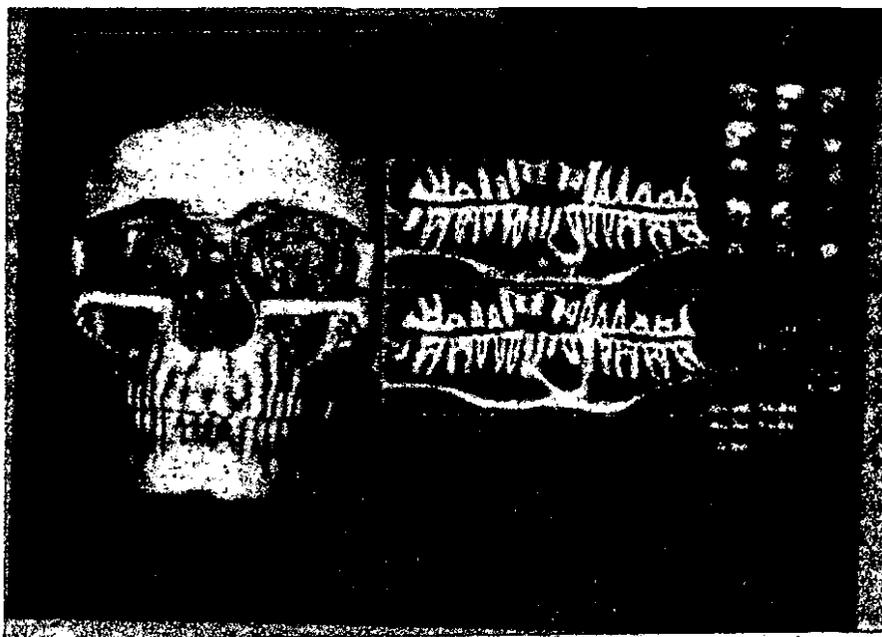
En esta imagen se aprecia el estudio radiológico completo de un diente que ha sido separado de la mandíbula por medio de la computadora para su análisis más preciso.

El método, paso a paso, es bastante sencillo: en primer lugar, al paciente se le hace un escáner. La impresión del rayo no es recogida por una placa sensible o un amplificador de brillantez, si no por un detector fotoeléctrico que transforma directamente la energía x en una corriente eléctrica. Se obtiene

entonces una imagen de una excelente calidad, evitando intermediarios. De este modo se limitan las radiaciones, la adquisición es instantánea y la aparición de la imagen en la pantalla no necesita mas que unos segundos.

Tras la realización de esta prueba, que no son agresivas y duran poco tiempo el paciente puede retirarse. El escáner hace maravillas con los tejidos blandos y los órganos, como por ejemplo el cerebro. Existe un único problema: los detectores fotoeléctricos son de pequeña dimensión y, por lo tanto, capta imágenes de áreas reducidas aunque en capas sucesivas, así como las finas rebanadas de un jamón. En general, a los médicos radiólogos les basta con estas capas para forjar su diagnóstico y reconstruyen mentalmente la imagen. Pero si es necesaria una reconstrucción informática, con el fin de tratar un problema complejo, el número de capas debe ser entonces mayor y el tiempo de exposición a los rayos aumente otro tanto.

La reconstrucción final nos gratifica produciendo imágenes nunca vistas y permitiéndonos abrir la mágica puerta del mundo de tres dimensiones.



Los rayos x han penetrado hasta el cráneo para descubrir una infección dental.

Esto es tan avanzado que reduce considerablemente las dosis de radiación que sufre el paciente y consigue detectar un tumor de hasta 0.28 milímetros de diámetro. Esto significa que nada se escapa a los ojos del radiólogo ni por supuesto, a los del especialista, que recibirá una placa, una impresión o un video con las imágenes de la endoscopia virtual realizada a su paciente ( 26 ).

La última mejora en este sistema de visualización es la llamada adquisición volumétrica o ~~helicoidal~~.

### III. - RADIOVISIOGRAFO.

#### A) COMPONENTES BASICOS.

Las placas con emulsión de plata tienen dos desventajas principales :

- 1 ) se necesita de una dosis de radiación bastante alta.
- 2 ) el procesamiento de la placa interrumpe el tratamiento.

Desde la primera aparición del Radiovisiografo, se han presentado dos versiones nuevas. Mientras que el primer aparato operaba con un Hardware básico sin un microprocesador, la segunda versión estaba basada en una unidad central de procesamiento manejada por software.

En la tercera generación del Radiovisiografo, aunque no ha cambiado la apariencia exterior, el diseño electrónico ha sido alterado considerablemente.

Hay un nuevo sistema llamado Radiovisiography ( en ingles ) que afirma terminar con estos problemas. Por medio de un detector de radiación sólido mas sensible que las placas de plata convencionales, el sistema presenta imágenes intraorales inmediatamente después de la exposición y con menores dosis que las que se necesitan para las radiografías convencionales.

En Francia se patentó la primera máquina grabadora de radiografías sin la necesidad del uso de líquidos químicos en el año de 1981. El Dr. Francis Mouyen inventó el primer sistema de Radiovisiografía el cual fue introducido en el mercado en el año de 1987 por la compañía Trophy, S.A. el Dr. Mouyen explica que los dentistas pueden usar Filmes Instantáneos de Radiología durante el medio de procedimientos quirúrgicos para verificar su trabajo, no simplemente antes de/y después de la cirugía ( 27 ).

Como el nombre lo dice, el aparato Radiovisiografo esta compuesto de tres partes principales.

La parte "Radio" consiste de una unidad de rayos x convencionales conectado a un interruptor de un microprocesador altamente preciso para lograr tiempos cortos de exposición y un pequeño sensor. El sensor tiene un área sensible que transmite la información por una fibra óptica a un Charged Coupled Device (CCD).

La parte "Visio" del sistema recibe y almacena las señales que entran durante la exposición y las convierte punto por punto a uno de los 256 niveles de gris. La imagen puede ser aumentada, contrastada y la conversión de negativo a positivo. La radiografía se puede visualizar 4 veces mas grande.

La parte "Graphy" consiste de una unidad de almacenamiento digital que puede ser conectada a diversos aparatos de impresión ( fotográfico o térmico ) ( 28 ).

La impresión térmica es la mas común para producir copias de las imágenes.

## **SISTEMA DE RADIOVISIOGRAFIA .**

Consiste en : Unidad de rayos x.

Sensor intraoral.

Unidad de proceso de imagen.

Impresora.

Unidad de rayos x . –

Se trata de un aparato convencional emisor de rayos x que ya fue explicado anteriormente.

Sensor intraoral . –

Es un pequeño sensor que se coloca intraoralmente, de la misma manera que en el caso de una película radiográfica.

La imagen primaria que recibe el sensor es un intensificador de pantalla que es protegido por un plástico rígido, cuando el rayo x incide en el intensificador de pantalla el resultado fluorescente es conducido por un sistema óptico a un Charged Coupled Device. El CCD detecta el padrón de luz y lo traslada a una señal eléctrica que es recibida por la unidad de proceso de imagen.

Un cable largo flexible lleva la señal eléctrica de las conecciones del sensor del CCD a la unidad de proceso de imagen.

Unidad de proceso de imagen . –

Esta unidad guarda la señal analoga del CCD y en la pantalla la imagen será mostrada inmediatamente.

La UPI tiene controles que permiten la manipulación de las imágenes. Se puede modificar y almacenar.

La UPI proporciona los mandos para mejorar la imagen variando su presentación.

Impresora . -

Una impresora separada puede ser conectada a la UPI para producir o copiar imágenes mostradas en el monitor.

#### **REQUIRIMIENTOS PARA INSTALACIÓN DEL EQUIPO .**

Computadora ( Pentium II de 360 MHZ ).

Windows 98 integrado.

64 megas en RAM.

Disco duro de 4 granmegabites.

Office 97.

Netscape.

Modem interno.

## **B) SENSOR.**

Paul Suni, fundador de la compañía Suni Imaging Microsystems, es una figura destacada en la industria del sensor de imagen desde 1984.

El es el pionero del desarrollo de los primeros sensores de tamaño múltiples para rayos x intraorales que están presentemente instalados en los sistemas de imagen digital ( 29 ).

Hay dos tipos básicos de radiología digital, uno es el Charged Coupled Device (CCD) y el otro es el Scintillation. Este último es similar para máquinas de rayos x panorámicas. En lugar de procesar la película el Scintillation se escanea en la computadora ( 30 ).

El sensor contiene un chip de Charged Coupled Device, que es muy sensitivo a los rayos x parecido a los de una videocámara pero este es sensible a la luz. El sensor es conectado directamente a la computadora que genera y expone la imagen ( 31 ).

Ambos sistemas proveen similares imágenes, sin embargo, los sistemas de CCD son mas rápidos porque el sensor reporta los datos instantáneamente a la computadora.

Los sensores son receptores electrónicos de forma rectangular, pequeños y rígidos. Este receptor convierte los rayos x en señales digitales que son procesadas por el computador ( 32 ).

El sensor NI - DX ( New Image - Dental X ) de Dentsply tiene características de esquinas redondeadas suaves haciéndolo mas confortable al paciente y con alta actividad de imagen en el área de relación ( 16 ).



Imagen y sensor NI-DX de Dentsply.

Schick tiene un sensor largo, pero el de Trophy es pequeño y mas adecuado para endodoncias, por lo tanto es más fácil colocarlo en la boca ( 33 ).



Sensor Trophy

El sensor tiene una vida ilimitada. Incluso después de cientos y miles de exposiciones, las imágenes retienen la misma excelente nitidez. Sin embargo Schick da a el sensor una vida de 400 000 dosis.

El sensor esta protegido por un diseño de fibra óptica, esta provee imágenes de alta definición sin distorsión.

Estos sensores también pueden utilizarse con colimadores diseñados especialmente para el manejo del sensor intraoral evitando con esto distorsiones en la imagen ( 34 ).



Sensor con colimadores especiales.

El sensor es ideal para tratamientos de conductos, implantología y diagnóstico de patologías ( 35 ).

Schick ofrece tres diferentes tamaños de sensor, que corresponden a las tres medidas standard de las películas radiográficas comunes :

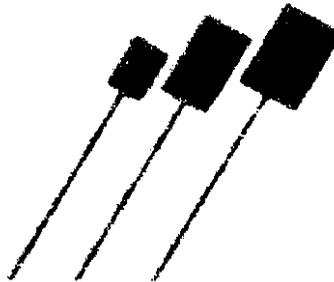
medida 2 : sensores que pueden llenar imágenes de aleta mordible y periapical. Son de 43 x 29 mm.

medida 1 : sensores que son óptimos para periapical anterior y periapical posterior. Son de 41 x 23 mm

medida 0 : sensores para imágenes periapicales pediátricos. Son de 27 x 19 mm.

Todos tienen una anchura de 5 mm.

Los tres sensores generan una excelente calidad digital radiográfica ( 36 ).



Sensores Schick.

En 1990 el sensor no podía ser esterilizado por lo tanto se cubrían con latex desechable. Ahora los sensores pueden esterilizarse en frío o en gas. Algunos sensores pueden estar en autoclave. Esto es dependiendo de la compañía que los fabrica.

Una de las desventajas de los sensores es que son muy frágiles y una caída puede afectarlos.

El costo de los sensores va de \$ 2 000 a \$ 5 000 dólares dependiendo de la medida.

## C) FUNCIONES DEL RADIOVISIOGRAFO.

Las imágenes pueden ser combinadas con exposiciones de una cámara intraoral y ser imprimidas juntas, o sea, hay una integración de imágenes clínicas y radiográficas. Llamándosele a este sistema Interactive Diagnostic Technology ( IDT ).

Las imágenes pueden ser enviadas electrónicamente o vía red a colegas para remisiones y otros diagnósticos.

Provee muchas imágenes procesando herramientas semejantes a un zoom ( enfoque ), rotación, contraste, brillos y coloración. El Software o programa puede también ser usado con un Scáner de rayos x. El software es el núcleo del sistema de rayos x digitales. Esto controla el Hardware ( disco duro ), procesa las imágenes.

Si estas interesado en las raíces y la película ya fue expuesta, puedes modificar la información contenida en la imagen y volverla a exponer. La imagen puede ser aumentada en la escala gris con características semejantes a un zoom. Si quieres puedes mejorar los bordes de "importancia" a esta área y disminuir alguna información ( pulpa ) y la invierte.

Las imágenes se pueden medir punto por punto y hacer medidas en segmentos curvos. También pueden ser expuestas en tercera dimensión ( 3D ) ( 37 ). Se pueden almacenar imágenes en discos de hasta 30 000 imágenes. Puedes comparar imágenes tomadas antes y después. Otra función es que puedes dar inversión de 180° de la posición de la imagen.

Los factores de exposición ( kv, ma ) de la imagen puede ser archivada con el diagrama del paciente y almacenada en el expediente del paciente.

El Radiovisiografo utiliza un receptor de radiación que se coloca dentro de la boca del paciente. Este receptor sufre cambios eléctricos los cuales se analizan por una computadora y esta transforma esos cambios eléctricos, los digitaliza en una imagen visible, exponiéndose en un monitor y ser impresa en papel.

Un estudio para determinar longitud de raíz en 20 dientes indico que no existieron significantes diferencias entre la radiografía convencional y las imágenes del Radiovisiografo. La ventaja que reportaron fue la baja radiación y rapidez de exposición de este último ( 38 y 39 ).

En un estudio de detección radiográfica de conductos accesorios laterales se concluyó que el Radiovisiografo es igualmente valioso que la película convencional en la determinación de longitud de conducto de raíz ( 40 ).

Series de selección.-

El primer paso en la radiología digital es el examen para meter información del paciente y seleccionar una serie. El Radiovisiografo permite escoger una serie preseleccionada o crear una serie de la boca. El preseleccionador incluye : serie completa de la boca ( 21 o 18 ), de una arcada ( 7 ), aleta mordible ( 4 ). ( 41 ).

Función de zoom ( acercamiento ).-

Con el click del mouse, se puede alargar la imagen entera o magnificar un área esférica. Por ejemplo, puedes enfocar un área específica para evaluar una posible patología periapical.



Función de equalización ( imagen sobreexpuesta ).-

Con la película una imagen sobreexpuesta requeriría tomar nuevamente la radiografía. No así con el radiovisiografo. Se puede usar el control de brillo y contraste para aclarar patologías que no son visibles en la película. Esta imagen sobreexpuesta se hace con una función de equalización que automáticamente optimiza el contraste y brillantez, dándole a la imagen un diagnóstico de calidad.

### **Función de colorización I .-**

El Radiovisiografo tiene una función de análisis de densidad la cual maneja una escala de tonos que va del 0 ( cero ), valor que corresponde al color negro y se interpreta como una zona donde existe la densidad mas baja, al 256 que corresponde al color blanco y se interpreta como la zona donde existe mayor densidad.

### **Fracturas de raíz con anotaciones.-**

Se pueden ver patologías periapicales alrededor de la fractura del diente y anotar la fractura. Las anotaciones están asociadas con mensajes de texto para referencias o comunicarse con otro colega.

Múltiples notas pueden ser insertadas en la imagen y salvadas.



### **Función de colorización II.-**

Esta función se usa para realizar puntos de referencia anatómica ( ejemplo, canal mandibular, seno maxilar, etc ).

### **Función de medidas.-**

La función de medidas se usa para determinar la distancia de una reparación de un punto anatómico como un canal mandibular. Asiste en procedimientos de cirugía como implantes y endodancias.

### **Medida de líneas múltiples en segmentos.-**

Durante la endodoncia esta característica permite dar medidas exactas de curvas de raíces. La longitud total de las medidas son expuestas también como cada segmento en líneas individuales. Si el extremo de

la lima y la base del tope de goma son los puntos seleccionados alcanzaremos una determinación de la longitud de trabajo que esta libre de error humano.



#### Imagen endodontica con grapa.-

Se puede tomar radiografía aún cuando tiene grapa endodontica y el tope de goma.

#### Función de luz.-

Con la función de luz puede ser capaz de aumentar, o "iluminar", un área específica de un rayo x cuando este es seleccionado, aparece un círculo y con el mouse lo puedes llevar al área que desees. Con esta función puedes equalizar contraste, maximizarlo, alumbrarlo y oscurecerlo.

#### Video imágenes.-

El radiovisiografo se puede integrar con cualquier sistema de imagen que es equipada con una salida de video ( s-video ), como una cámara intraoral, microscopio quirurgico y cualquier videocámara. Se pueden colocar en el monitor una imagen de video de determinada zona y su radiografía para su comparación sin la necesidad de un software adicional.



## D) VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Las ventajas del Radiovisiografo son las siguientes :

- Altamente benéfico a la salud de nuestro paciente, pues usa solamente la décima parte de la radiación normalmente usada en aparatos radiográficos comunes ( o sea 90 % menos de radiación ). Esto torna al sistema ideal para gestantes ( embarazadas ) y para las personas en general ( 42 ).
- Imágenes embellecidas. Es posible aumentar y colorear la imagen, facilitando el diagnóstico de problemas bucales.
- No hay necesidad de usar líquidos tradicionales, como el revelador y fijador. Esto disminuye la contaminación. Elimina el cuarto oscuro, problemas de procesamiento y gasto de comprar películas, químicos, porta radiografías, negatoscopio, limpiadores y todos los instrumentos necesarios en el cuarto oscuro ( 43 ).
- Mas rápido que tomar radiografías convencionales, ahora son tomadas a la mitad de tiempo. No hay que recargar la película entre exposiciones, el sensor se queda en la boca del paciente y solo se mueve a la otra área dental del paciente.
- Siempre un perfecto set de rayos x, sabes instantáneamente si tienes una imagen perdida y fuera de como rápidamente puedes volver a tomarla. Cuantas veces has tenido que esperar de 5 a 15 minutos por las películas radiográficas solo para ver que no salieron como querías y tener que retomarlas y esperar otra vez su procesamiento, recuerda tiempo es dinero ( 44 ).
- Herramienta de perfecta comunicación y educación visual para que los pacientes comprendan la condición de su boca. Los pacientes de hoy en día pertenecen a la generación del video, recuerdan solo el 10 % de lo que les dijiste pero el 83 % de lo que les enseñaste.
- Capacidad de almacenamiento : las imágenes son permanentes, son etiquetados, archivados y dispones de las imágenes fácilmente. Duplica copias que son las mismas que las originales y son simples de hacer.

Las desventajas del Radiovisiografo son :

- El alto contraste que hace el Radiovisiografo ideal para tratamiento de conductos reduce esta utilidad para la imagen de tejidos blandos.
- El costo de la unidad del Radiovisiografo.
- Los sensores son muy frágiles.

#### IV.- CONCLUSIONES.

La computadora ofrece un recurso de comunicación y conocimiento que sobrepasa cualquier cosa anteriormente disponible. Su aceptación de rutina en la práctica Odontológica es inevitable. Cada vez más Dentistas reconocen el valor de datos visuales para registrar, cuantificar y comunicar información.

La Odontología es una profesión visualmente orientada y esta siendo favorecida con las computadoras.

La imagen por digitalización abre un ámbito de mayores perspectivas de investigación, se sugiere la actualización en el empleo de la informática aplicada a la Odontología, que aunado a un excelente desempeño clínico distinguirá la labor como médicos en salud bucal.

El uso de imágenes digitales en Odontología esta creciendo cada vez mas. Las computadoras con capacidad de almacenar y enseñar imágenes de buena calidad que eran restringidos a las impresas del ramo tornándose populares y todas las computadoras personales vendidas hoy en día poseen esta característica.

El Radiovisiografo constituye una nueva técnica de diagnóstico. Los tratamientos quirúrgicos como los implantes, cirugías, extracciones, etc.; se benefician con esta técnica pero la endodoncia, posiblemente, es la actividad Odontológica que mas aprovecha la funcionalidad del sistema Radiovisiografo, ya que éste proporciona una gran simplificación en el proceso del diagnóstico, evitando el tiempo de procesado de la radiografía.

Es concluido que el Radiovisiografo es un sistema de imagen rápido que puede producir clínicamente imágenes periapicales a una baja dosis de radiación que la radiología convencional intraoral. Además cuenta con recursos de manipulación para un mejor diagnóstico por imagen, permitiendo también el uso de mediciones como los utilizados en cefalometría, endodoncia, documentación para implantes y otros.

## V. G L O S A R I O .

**ANGIOGRAFIA** : Es una radiografía en la cual se utiliza medio de contraste para ver un sistema de vasos sanguíneos.

**ATOMO** : Es la partícula más pequeña. Consta de núcleo, en cuyo interior se encuentran los protones y neutrones y girando a su alrededor los electrones.

**BARIO** : Elemento metálico de color blanco plateado.

**CIANURO** : Nombre genérico de las sales y ésteres del ácido cianhídrico. Los principales cianuros metálicos son los de potasio, plata y mercurio.

**COMPUTADORA** : Realiza trabajos para los que hace 20 años se hubiera necesitado toda una habitación llena de computadoras. Suele constar de una unidad central con disquetera, un teclado de entrada y una pantalla de salida.

**ELECTRON** : Es la más pequeña unidad de carga eléctrica. Su carga es negativa.

**EMULSION** : Líquido que tiene en suspensión pequeñísimas partículas.

**FIBRA OPTICA** : Están hechas de cuarzo de silicio o de plástico, y transmiten torrentes de luz casi sin pérdidas. En Odontología, se utiliza en lámparas polimerizadoras. El diámetro de la fibra óptica se compone de un núcleo de óxido de silicio combinando con pequeñas cantidades de otras sustancias como el fósforo, el flúor o el germanio. Esta alma está cubierta por una envoltura de vidrio que, a su vez, está protegida por 2 capas de material plástico.

**HARDWARE** : Parte física de la computadora, compuesta por teclado, monitor, mouse, CD-ROM, bocinas, etc.

**ISOTOPO** : Elemento químico que posee las mismas propiedades que otro, del cual únicamente difiere en el número de neutrones que existen en su núcleo.

**MODEM** : Conecta el ordenador a una línea telefónica, lo cual permite la comunicación con otros ordenadores. El modem modula o transforma la señal digital en una onda analógica, que puede viajar por la línea telefónica y viceversa.

**NEUTRON** : Partícula fundamental que forma parte del núcleo de los átomos. No tiene carga eléctrica.

**NUCLEO** : Parte interna del átomo donde se halla la casi totalidad de su masa. Constituido por protones y neutrones.

**PROTON** : Partícula elemental constituyente de los núcleos atómicos. Tiene carga eléctrica positiva igual a la negativa del electrón.

**RADIOGRAFÍA** : Impresión fotográfica producida sobre una placa por los rayos x después de haber atravesado éstos un cuerpo opaco a la luz ordinaria, a fin de observar las partes internas de dicho cuerpo.

**RADIOGRAFIA TIPO SCHÜLER** : Es una placa de rayos x con incidencia para valor conducto auditivos y senos mastoideos y valora patologías a nivel de oído interno.

**SOFTWARE** : Para iniciar el ordenador se necesita un programa llamado sistema operativo, que “despierte a la máquina” y la prepare para funcionar.

## VI. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- R.C.O'Brien. Radiología Dental. Ed. En español. México : Editorial Interamericana, 1985.
- 2.- Jean-Christophe Grangé. 100 AÑOS DE RADIOLOGIA. Muy INTERESANTE, Año XII No.8 México 1995.
- 3.- [www.xray.hmc.psu.edu](http://www.xray.hmc.psu.edu) . The New Light. Department of Radiology, Penn State University College of Medicine. 1993.
- 4.- Dr. Juan Francisco Norberto Escobar. Dental Web..Historia de la radiología. Febrero de 1998.
- 5.- [www.imagingdy.com](http://www.imagingdy.com) X – Ray Basics . August 1998.
- 6.- Dr. Muzquiz y Limón . Apuntes de Radiología. 1997.
- 7.- SEGURIDAD Y PROTECCION RADIOLOGICA. HOSPITAL CENTRAL MILITAR. Capitulo IV. México 1998.
- 8.- Friedrich A. Pasler. Atlas de Radiología Odontologica. Ed. En español. Editorial Masson-Salvat. 1996.
- 9.- [www.imaginiscorp.com](http://www.imaginiscorp.com). History of medical diagnosis and diagnostic imaging. IMAGINIS.NET. February 1999.
- 10.- [radiomem@gold.com.br](mailto:radiomem@gold.com.br) Imagens digitais. Out 1996.
- 11.- Digora Digital X-Ray. ORION CORPORATION SOREDEX. December 1997.
- 12.- [www.imagingdy.com](http://www.imagingdy.com) Digital Systems. August 1998.
- 13.- Cheryl Farr. On-Line Consulting: A Direct Route to Better Dentistry. Dentistry Today. Feb. 1997.
- 14.- E. Arana, L. Marti-Bonmati. Digital Dental Radiology. March 1996.
- 15.- Marilyn C. Miller. Expanding Dental Practices With Computer Technology. Dentistry Today. 14 (9): 72-81, sep. 1995.
- 16.- NI – DX. DIGITAL RADIOGRAPHY SYSTEM. DENTSPLY NEW IMAGE. Nov. 1998.
- 17.- Hüntze H, Wenzel A, Jones C. In vitro comparison of D – and E – speed film radiography, RVG, and Visualix Digital Radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. Caries Resources. 1994; 28: 363-7.
- 18.- RTLX. The Future Of Dental Imaging. Panoramic Corporation; January 1999.
- 19.- [www.newswise.com](http://www.newswise.com). Digital Radiography Produces Quicker, Patient Friendly X-Rays. May 1998.

- 20.- Tirrell BC. Miles DA. Brown CE Jr. Legan JJ. Interpretation of chemically created lesions using direct digital imaging. JOURNAL OF ENDODONTICS. 22(2) : 74-8, 1996 Feb.
- 21.- Meier AW. Brown CE. Miles DA. Analoui M. Interpretation of chemically created periapical lesions using direct digital imaging. JOURNAL OF ENDODONTICS. 22(10) : 516-20, 1996 Oct.
- 22.- [www.endoweb.com](http://www.endoweb.com). Dr. Michael Miles. About Digital Radiography. March 1998.
- 23.- Digipan. Trophy Web Site. Feb. 1999.
- 24.- Ordenador de los noventa. Muy INTERESANTE. Año VI No. 12; 1989.
- 25.- Alta Tecnología Médica. Muy INTERESANTE. Año VII No. 7; 1990.
- 26.- Diagnóstico por Imagen. Muy INTERESANTE. Año XIII No. 10; 1996.
- 27.- Cheryl Farr; Instant Filmless Radiology : Changing the Way Dentists See. Dentistry Today 13 (2): 94-7, Feb. 1994.
- 28.- RadioVisioGraphy Comes OF Age. Practical Endodontics. January 1993 (p.1).
- 29.- SUNI. IMAGING MICROSYSTEMS, INC. Feb. 1999.
- 30.- [www.endoweb.com](http://www.endoweb.com) Dr. Michael Miles. About Digital Radiography. March 1998.
- 31.- [www.dent-x.com](http://www.dent-x.com). Sens-A-Ray 2000. DENT-X. Sep. 1998.
- 32.- DENTAL X-RAYS WITH 90% LESS RADIATION & THEY'RE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY. Adentes Dental Clinic. Nov. 1998.
- 33.- Digital Radiography Helps Build Practice. Practical Endodontics. August 1995 (p.52).
- 34.- Fantastiskt, en sensor klarar alla bilder!. DentalEye Full-X. April 1998.
- 35.- Dental Lynx. ARDET S.R.L. Nov. 1998.
- 36.- SCHICK TECHNOLOGIES, INC. Digital Röntgen; CDR Sensorer. Dec. 1998.
- 37.- RVG. Trophy web site. 1997.
- 38.- Using RadioVisioGraphy FOR Determining Root Length. JOURNAL OF ENDODONTICS. August 1995 : 28;25.
- 39.- A.C.Shearer; K.Horner; N.H.F.Wilson. Radiovisiography for imaging root canals : an in vitro comparison with conventional radiography. Quintessence International, Vol. 21, No. 10. 1990.
- 40.- W.C.Scarface, C.R.Fana, A.G.Farman. Radiographic Detection of Accessory/Lateral Canals: Use of RadioVisioGraphy and Hypaque. JOURNAL OF ENDODONTICS Vol. 21, No. 4 April 1995.

- 41.- [www.schicktech.com](http://www.schicktech.com) CDR, Computed Dental Radiography. Jan. 1999.
- 42.- Digital Radiography: Benefits from adding digital radiography to your practice! Nov 1998.
- 43.- SCHICK DIGITAL/FILMLESS X-RAYS, RadioVisioGraphy ( RVG). Nov. 1998.
- 44.- [www.laserdoc.com](http://www.laserdoc.com) ; Digital x-ray Benefits. Jan. 1999.

#### OTRAS REFERENCIAS .

- 1.- Rob Cabin. Choosing technology, digital radiography. Oct. 1998.
- 2.- [www.dts-usa.com](http://www.dts-usa.com) Digital X-Ray. Dental Technology Specialist, Inc, Jan. 1999.
- 3.- [www.lbi.gov/scienc](http://www.lbi.gov/scienc). Diane LaMacchia, Dental x-rays go digital. January 1994.
- 4.- [www.gendex.com](http://www.gendex.com) VixWin 3.1 feb. 1999.
- 5.- K.H.VERSTEEG, G.C.H.SANDERINK, F.C.VAN GINKEL, P.F.VAN DER STELT.  
ESTIMATING DISTANCES ON DIRECT DIGITAL IMAGES AND CONVENTIONAL  
RADIOGRAPHS. JADA, Vol. 128, April 1997.
- 6.- Cheryl Farr. Smarter and Cheaper X-rays. Pushing the Limits in Digital Radiography. DENTISTRY  
TODAY; MAY 1997.
- 7.- A.G.Farman, S.L.Avant, W.C.Scarface, T.T.Farman, D.B.Green. In vivo comparison of Visualix-2  
and Ektaspeed Plus in the assessment of periradicular lesion dimensions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol  
Oral Radiol Endod; 1998; 85 : 203-9.
- 8.- D.A.Tyndall, J.B.Ludlow, E.Platin, M.Nair. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the  
Siemens Sidexis digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic  
analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1998; 85 : 113-8.
- 9.- M.Naitoh, H.Yuasa, M.Toyama, M.Shiojima, M.Nakamura, M.Ushida, H.Iida, M.Hayashi, E.Ariji.  
Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intraoral radiography. Oral Surg  
Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1998; 85 : 107-12.
- 10.- Huysmans, H.Hintze, and A.Wenzel. Effect of exposure time on in vitro caries diagnosis using the  
Digora system. EUROPEAN JOURNAL OF ORAL SCIENCES 1997; 105 : 15-20.
- 11.- E.J.Mistak, R.J.Loushine, P.D.Primack, L.A.West, D.A.Runyan. Interpretation of Periapical Lesions  
Comparing Conventional, Direct Digital, and Telephonically Transmitted Radiographic Images.  
JOURNAL OF ENDODONTICS. Vol. 24, No. 4, APRIL 1998.

- 12.- A.A.García, L.F.Navarro, V.U.Castelló, R.M.Laliga. Evaluation of a Digital Radiography to Estimate Working Length. JOURNAL OF ENDODONTICS. Vol. 23, No. 6, JUNE 1997.
- 13.- R.A.Cederberg, E.Tidwell, N.L.Frederiksen, B.W.Benson. Endodontic working length assessment. Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1998; 85 : 325-8.
- 14.- T.Hedrick, B.Dove, D.Peters,D.McDavid. Determinación radiográfica de la longitud del conducto radicular: radiografía digital directa frente a radiografía convencional. ENDODONCIA. Vol. 12, No. 4 Octubre-Diciembre 1994.
- 15.- G.A.Jones, N.J.Schuman, M.A.Woods. Estimated skin exposure as an indicator for comparing radiovisiography (RVG) versus conventional Ektaspeed Plus dental radiography. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. Vol. 22, No. 2/1998.
- 16.- Dr. Bill Williams. Low Dose x-Rays, New Wave X-Rays. October 1997.
- 17.- L.Forner, M.C.Llena, V.Faus. La radiovisiografía en endodoncia. ENDODONCIA. Vol. 11, No. 3. Julio-Septiembre 1993.
- 18.- CygnusRay2...Clearing the way for better resolution. Cygnus Imaging. 1998.
- 19.- K.Horner, A.C.Shearer, A.Walker, N.H.F.Wilson. Radiovisiography : An initial evaluation. British Dental Journal. 1990; 168 : 244.
- 20.- A.R.Luna, J.A.Chavarría. Comparación de las técnicas de condensación lateral y vertical, midiendo la densidad radiográfica del tercio apical con el radiovisiógrafo. Estudio in vivo. MEDICINA ORAL. COLEGIO NACIONAL DE CIRUJANOS DENTISTAS MILITARES, A.C. Vol. I, enero-marzo de 1999, No. 1.
- 21.- Worl Dental – Dental Forum. RVG in the Surgery. March 1999.
- 22.- [www.brooks.af.mil](http://www.brooks.af.mil). 52-04 Update on Digital Radiology. 1998.
- 23.- [www.adernet.com](http://www.adernet.com). RADIOGRAFIA DIGITAL COMPUTADORIZADA. 1998.
- 24.- [www.docdigital.com](http://www.docdigital.com) RADIOGRAFIA DIGITAL DOCUMENTACAO. RADIOGRAFIA DIGITAL AGORA EM SEU CONSULTORIO.