

MAC  
720  
R 17426

B736 R  
2001

**UNIVERSIDAD DE VALPARAISO**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**  
**CATEDRA DE RADIOLOGIA MAXILO-FACIAL**

# **RADIOLOGIA DIGITAL**

**(REVISION BIBLIOGRAFICA)**



**MARCELA P. BORQUEZ NAVARRO.**

**DOCENTE GUIA: DR. RICARDO MORAN.**

**2001**

# CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	IMAGEN DIGITAL Y SISTEMAS DE CAPTURA	3
III.	PROPIEDADES DE LA IMAGEN DIGITAL	5
IV.	PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN	8
V.	TELERRADIOGRAFIA	9
VI.	RADIOGRAFIA DIGITAL EN ODONTOLOGIA	13
	➤ RADIOGRAFIA DIGITAL INDIRECTA	14
	➤ RADIOGRAFIA DIGITAL DIRECTA	15
	▪ FORMACIÓN DE LA IMAGEN DIGITAL DIRECTA	19
	1. SISTEMA CON SENSOR CCD	19
	2. SISTEMA CON PSP	22
	➤ MANIPULACION DIGITAL	23
	➤ AVANCES TECNOLOGICOS	24
VII.	CASOS CLINICOS	26
VIII.	CONCLUSION	29
IX.	BIBLIOGRAFIA	30

# I. INTRODUCCION

En el último decenio del Siglo XX los sistemas informáticos en general, y las herramientas gráficas y técnicas de tratamiento digital de la imagen en particular, han adquirido un desarrollo tal que se han convertido en una potente alternativa tanto para la obtención como para el almacenamiento de registro en la clínica dental.

Los registros gráficos (imágenes y radiografías) nos proporcionan:

1. Cobertura Legal.
2. Ayuda al Diagnóstico y Plan de Tratamiento.
3. Mejora en la comunicación con el paciente.
4. Son un elemento muy importante para la docencia.
5. Son un elemento de Marketing.

Para obtener una imagen digital podemos:

1. Obtenerla en formato digital: Cámaras Digitales o Radiología Digital.
2. Obtenerla en formato analógico mediante cámara intrabucal y digitalizarla mediante una tarjeta digitalizadora.
3. Digitalizarla mediante Escáner.

Las técnicas de procesamiento de una imagen digital pueden ser utilizadas para analizar o mejorar una imagen. La utilización de tecnología digital es electiva para cualquier situación que necesite de un aumento, restauración, inversión de los tonos de tinte ( de negativa a positiva), reorientación, colorización, análisis o creación. La imagen digital es ampliamente utilizada en aplicaciones biológicas, en los centros de defensa e inteligencia, el procesamiento de documentación, en las investigaciones y análisis forense, en el análisis de materiales, en los efectos especiales en video filmes en la fotografía digital, en el diagnóstico médico y odontológico. Las imágenes digitales pueden ser almacenadas en disquetes, discos "zip", CD y/o impresas en papel común o especial, e incluso enviadas por e-mail.

La substracción fotográfica fue introducida en 1935 como método de eliminación de información que no es necesaria en una radiografía. La substracción ayuda a la visualización de pequeñas variaciones y ha sido utilizada por ejemplo en la investigación de pérdida ósea periodontal. La substracción digital combina los principios de la radiografía digital y la substracción fotográfica.

La utilización medica de técnicas de procesamiento de la imagen digital se expandió entre 1980 y 1990, incluyendo el desarrollo de la Tomografía Computarizada, la Resonancia Magnética y el Ultrasonido. La imagen digital en la Odontología incluye a la radiografía digital Directa e Indirecta, la Tomografía computarizada, la resonancia Magnética y la Reconstrucción Tridimensional. (1, 7, 10)

## II. IMAGEN DIGITAL Y SISTEMAS DE CAPTURA

La calidad de la imagen digital en radiología está expresada por tres categorías: la IMAGEN en si misma, la modalidad de CAPTURA y la VISUALIZACION. El conjunto total de propiedades de estas tres categorías da la calidad final de la imagen digital.

**IMAGEN RADIOLOGICA:** Es la representación de estructuras anatómicas, sus formas y sus propiedades características (ej: funcionales en caso de SPECT o PET) en un soporte físico de visualización. Cuando este aspecto representado es una magnitud escalar, podrá “verse” este valor en cada punto del soporte, como un único valor de luminancia o brillo, que producirá una percepción visual en cada observador.

Las imágenes radiológicas pueden ser de tres tipos. Analógica en su origen, digital en su origen o digitalizada.

**La imagen es analógica en su origen** cuando esta magnitud es adquirida mediante una técnica que permite mantener la continuidad de las magnitudes representadas. Ejemplo la radiografía convencional. La característica de este soporte es que la resolución es tal que permite (desde el punto de vista perceptual) mantener la continuidad de las estructuras visualizadas, ofreciendo una representación casi idéntica a la realidad.

**La imagen es digital en su origen** cuando esta magnitud es obtenida por procesos finitos de medidas o señales analógicas que se adquieren a partir de sincronismos, ya sea de procesos de excitación o barridos espaciales. En este caso se obtienen valores numéricos asignados a un número finito de puntos en el espacio. La cuantificación de valores discretos de la magnitud representada y su muestreo espacial es la característica principal de las imágenes digitales.

**La imagen es digitalizada** cuando en cualquier punto de la cadena de obtención de una imagen analógica se realiza un proceso de cuantificación, obteniendo un muestreo espacial, que da origen a la imagen digital. Ejemplo captura con cámara de vídeo sobre intensificador, frame grabber, escáner de radiografías, etc.

Sea cual sea el método de obtención de la imagen digital, ésta existe como tal únicamente en la memoria del ordenador. A partir de aquí, es necesario convertir y procesar dicha información, para ser representada en cualquier dispositivo, ya sea impresa en soporte tipo película (radiografía, transparencia o papel) o en un monitor, para que puedan ser percibidas por el ojo del observador.

Para construir una imagen digital debemos construir una matriz de tamaño finito, que puede identificarse como una rejilla sobre el espacio real a representar y calcular el valor de cada elemento de la cuadrícula a partir de las propiedades a representar. Cada celda de la rejilla se denomina píxel de la imagen. Cuando la matriz se posiciona sobre el objeto a representar en el espacio y es almacenada en la memoria del ordenador se denomina **matriz de reconstrucción**. Los datos numéricos, para definir un plano de imagen digital en el espacio, de cualquier modalidad de imagen digital, viene definido en el estándar DICOM 3.0 por los tags (0020,0032) "Image Position" y (0020,0037) "Image Orientation". El primero está compuesto por tres números reales que nos darán la colocación del primer píxel de ese plano en el espacio y el segundo por seis números reales que nos darán los vectores de direccionamiento del plano en el espacio. Como es un sistema de coordenadas ortogonales, el tercer vector de dirección se obtiene por la multiplicación vectorial de los dos primeros. De esta forma es posible obtener la matriz de reconstrucción para la colocación de un plano en el espacio. (2, 4, 7,18)

### III. PROPIEDADES DE LA IMAGEN DIGITAL

**Muestreo espacial.** Es el proceso mediante el cual representamos el espacio continuo en discreto.

**Tamaño del píxel.** Es el espacio real que abarca la zona a representar (campo de visión - FOV "Field of View") entre el número de píxeles a representar. Existen modalidades de imagen médica TC, RM), donde las secciones del objeto se capturan y representan con determinado espesor o grosor de corte. En dichos casos el píxel se convierte en una estructura tridimensional y suele denominarse voxel.

**Resolución espacial.** Es la capacidad para diferenciar, mediante mayor muestreo espacial, las estructuras cada vez más pequeñas. Cuanto menor sea el tamaño del píxel, mayor cantidad de detalles podremos percibir o sea mayor resolución espacial. Debemos señalar que si el tamaño del píxel establece un límite teórico para la resolución de la imagen, en la práctica se ha demostrado que la resolución espacial de las imágenes diagnósticas se debe determinar experimentalmente.

**Cuantificación.** Las magnitudes que medimos en las imágenes digitales son continuas, por lo que el proceso de conversión mediante el cual asignamos valores numéricos y discretos a estas magnitudes se denomina cuantificación. Esta cuantificación se realiza mediante conversión análogo-digital. Los convertidores de señales y magnitudes análogo-digital se caracterizan por su rango dinámico, o sea la relación entre la señal de entrada y el número de bits (no bytes) que puede codificar en su salida. Un ejemplo típico es la conversión de 5 voltios en 12 bits, en este caso habrá 4096 niveles o sea una resolución de 1,2 mV.

**Rango dinámico de la imagen.** El resultado del proceso anterior esta directamente vinculado con los valores que se obtendrán en cada píxel de la imagen. En el ejemplo anterior, cada píxel de la imagen tendrá un rango dinámico de 12 bits o 4096 valores diferentes en cada píxel. Comúnmente las imágenes digitales en radiología poseen rangos dinámicos de 8, 10 y 12 bits, o sea, 256, 1024 y 4096 niveles o valores discretos diferentes respectivamente.

**Nivel de gris y ventana.** Si estos valores asignados a los píxeles son representados de forma monocromática, cada valor corresponderá a una luminancia y se denomina nivel de gris. La capacidad de resolución en luminancia del soporte de visualización restringe el rango de niveles de gris diferenciables por el ojo humano (este valor influye en la calidad de la imagen a representar). Cuando esta representación de niveles de gris se realiza sobre una porción limitada (definida como ventana), permite visualizar este segmento del rango dinámico de la imagen con mayor diferenciación de niveles de gris. El desplazamiento de esta ventana dentro del rango dinámico y la utilización de diferentes aperturas, permitirá realizar diferentes ajustes en el soporte de visualización. Esta técnica generalmente se denomina media-ventana .

**Resolución en contraste.** Esta propiedad especifica la cual es la menor variación del rango dinámico de la imagen que podemos representar. Es una propiedad que muchas veces se determina experimentalmente. También, en algunas modalidades se relaciona el valor con una magnitud física, como por ejemplo en la TC, se relacionan las unidades Hounsfield con los valores de la imagen mediante la fórmula:

$$HU = m * SV + b$$

Donde los valores SV son los de cada píxel de la imagen, el valor de b se localiza en el tag (0028,1052) "Rescale Intercept" y de m en el tag (0028,1053) "Rescale Slope". (18)

La imagen radiográfica esta compuesta de tonos de tinte extendiéndose del negro al blanco, y es conocida como una imagen de tono continuo. Para convertir esa imagen en una forma digital, la imagen es dividida en pedazos individuales de información. Esta información describe la intensidad de la luz (brillo) en su localización ( coordenadas x, y) dentro de la imagen. El proceso de división es llamado digitalización. Los pedazos individuales de información son denominados píxeles, que es la representación de un elemento de imagen digital. Cada píxel funciona como un pequeño condensador que almacena una carga eléctrica cuando es expuesto a la luz de los rayos X. Esta carga es ampliada y convertida para el computador, quien transfiere a su vez la señal al monitor. La digitalización es un proceso de partición y cuantificación de una imagen óptica.

La resolución de contraste y la resolución espacial son dos parámetros que afectan directamente la calidad de la imagen digital. La resolución de contraste se define comparando el brillo del píxel digital con el brillo de la misma ubicación en la imagen original. Mientras más cercano sea el brillo del píxel al brillo de la imagen original, mejor será la resolución de contraste. La resolución espacial está determinada por el número de píxeles que componen la imagen digital. Mientras mayor sea el número de píxeles que componen la imagen digital, mejor será la representación espacial de la imagen digital. La televisión, por ejemplo, posee 485 líneas visibles por imagen y 380 píxeles por línea. La resolución espacial de 512 x 512 se volvió la más común entre los fabricantes de equipamiento para procesamiento de imagen digital. (10, 18)

## IV. PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

El procesamiento de imágenes se refiere a las alteraciones y los análisis de informaciones relativas a la imagen, cuyo objetivo es intensificar visualmente o avalar estadísticamente algún aspecto de una imagen no inmediatamente aparente en su forma original. Para tal fin se utilizan tres técnicas: el procesamiento óptico, el analógico y el digital.

El **procesamiento óptico**; como su propio nombre lo indica, usa maniobras ópticas para realizar la alteración de la imagen que puede ser ejemplificado como el efecto que provoca el uso de lentes correctivos para tomar una imagen más nítida o más cercana a la imagen real.

El **procesamiento analógico** se refiere a las alteraciones de imágenes por medios electrónicos, desde que las mismas ya han sido transformadas en una señal electrónica. El ejemplo más común es la televisión, cuya señal es un nivel de voltaje que varía en amplitud para representar brillo a través de la imagen.

El **procesamiento digital** es una forma de procesamiento de imágenes concebidas por medio del computador digital. A través de la manipulación de los valores de brillo, el computador es capaz de realizar operaciones matemáticas complejas con relativa facilidad y los modifica con rapidez de aproximadamente 100 millones de cálculos por segundo, hecho que es imposible en los procesamientos ópticos y analógicos.

El proceso de cuantificación es realizado por un conversor analógico a digital de acuerdo con la escala de tintes impregnada en la conversión. El ojo humano es mucho más sensible a los cambios en la intensidad de brillo en las regiones oscuras de la imagen que en las regiones claras, respondiendo logarítmicamente a esos cambios. Por lo

tanto, el brillo de la imagen es cuantificado en una escala logarítmica de tonos de tintes, a la vez que una escala lineal permite que se coloque una mayor resolución de contraste en la porción baja de tinte, donde el ojo humano es más sensible al cambio de intensidad. De manera general, los fabricantes de equipamientos de imagen adoptaron escalas logarítmicas de tinte de 8 bits ( dígitos binarios) para representar 256 niveles de brillo o 256 tonos de tinte, siendo 0 la representación del negro y 255 la representación del blanco. (18)

## V. TELERRADIOGRAFÍA

La teleradiología puede ser definida como la transmisión de imágenes radiológicas de una ubicación geográfica a otra, a través de redes de comunicaciones, para los propósitos de interpretación y consulta. Un sistema de teleradiología consiste de una sección de adquisición de imágenes y una sección de despliegue de imágenes e interpretación, conectadas a través de un sistema de comunicaciones.

Las imágenes de los pacientes son codificadas electrónicamente en un formato digital en la sección de adquisición de imágenes, luego son enviadas a través del sistema de comunicaciones y recibidas, vistas y posiblemente almacenadas en la sección de despliegue de imágenes.

**Adquisición de Imágenes:** Es comúnmente ejecutada por un digitalizador de imagen, el cual convierte la radiografía convencional a formato digital para la transmisión sobre la red. Hay dos categorías generales de digitalizadores de imagen: digitalizadores lasers y digitalizadores CCD (Charged Couple Devices). Los primeros ofrecen muy buen contraste y resolución espacial, pero son más caros que los digitalizadores CCD. Los últimos ofrecen una resolución espacial comparable a los primeros, pero su contraste o resolución de escala de grises es más baja.

Otra alternativa para la adquisición de imágenes es la radiografía computarizada (CR), la cual usa láminas de almacenaje de fósforo para directamente obtener imágenes digitales y ofrecer un rango dinámico más amplio, el cual es particularmente útil para aplicaciones de radiología portátil. Debido a que CR está siendo muy difundido y su uso está en un continuo incremento, la técnica de la digitalización de imagen llegará a estar obsoleta.

**Despliegue de Imágenes:** Los monitores de despliegue son cruciales para la teleradiología, los cuales están asignados a desplegar imágenes idénticas a aquellas disponibles en la radiología convencional.

Un punto importante a tomar en cuenta es la fidelidad de la imagen, la cual es medida por parámetros como: luminancia, rango dinámico, distorsión, resolución y ruido.

En los sistemas de imágenes digitales, hay una separación física entre el receptor de la imagen y el despliegue de la misma, por lo cual la imagen desplegada no es necesariamente igual a la imagen almacenada. La imagen almacenada puede ser muy rica en contraste o detalles, de tal manera que la información en esta puede exceder la capacidad del terminal para el despliegue, así la data leída de la imagen almacenada debe ser procesada selectivamente antes de ser desplegada.

Aunado a todo esto, se proveen herramientas muy amigables para la exploración de las imágenes almacenadas. Desde el punto de vista del observador, la imagen desplegada tiene tres atributos importantes: fidelidad, nivel de información y nivel de atraktividad.

Esta fidelidad de la imagen, desde el punto de vista del observador, puede ser expresada en términos de resolución espacial, resolución y linealidad de la escala de grises y ruido. El nivel de información puede ser expresado en términos de la visibilidad de características diagnósticas importantes o como la detectabilidad de alguna anormalidad específica. El nivel de atraktividad se relaciona con las propiedades estéticas de la imagen desplegada.

En términos del rendimiento de la escala de grises y el realce del contraste, las variaciones en la intensidad de cada píxel en la imagen almacenada pueden ser representadas preferiblemente con 10 bits resultando 1024 niveles de intensidad.

**Transmisión de Imágenes:** La escogencia del medio de telecomunicación para los sistemas de teleradiología se basa en un compromiso entre ancho de banda y gasto, para lograr la calidad de servicio deseada. Los principales aspectos a ser tomados en cuenta para la solución de telecomunicaciones para esta aplicación se basan en: el número de casos a ser enviados, tamaño promedio de los archivos y picos de la actividad.

Uno de los aspectos muy importantes es que las soluciones de telecomunicaciones disponibles dependen de la infraestructura existente. A menudo una discrepancia existe entre la necesidad y la disponibilidad de los servicios de comunicaciones para la telemedicina.

Las redes ISDN son muy usadas para estas aplicaciones, ofreciendo un ancho de banda de hasta 2 Mbps, aunque los servicios de ISDN están completamente difundidos, hay lugares donde la transmisión de imágenes médicas sobre líneas telefónicas ordinarias es la única posibilidad.

La transmisión de imágenes médicas sobre Internet es ahora posible, sin embargo la velocidad de transmisión es muy baja, por esta razón la Internet, en el presente, solo puede ser útil en teleradiología para educación y entrenamiento.

La tecnología que posee una muy buena ejecución en cuanto a la comunicación de imágenes es ATM. Sin embargo, en el presente estos servicios no están completamente disponibles y requiere normalmente cableado de fibra óptica entre la estación emisora de las imágenes y la estación receptora de las mismas.

**Compresión de Imágenes:** Muchos sistemas de teleradiología incluyen facilidades para la compresión de imágenes, para así obtener

tasas de transmisión compatibles con un servicio de teleconsulta eficiente y reducir los requerimientos de almacenamiento.

La compresión de imágenes puede ser sin pérdidas (reversible) y con pérdidas (irreversible).

La ventaja de la compresión sin pérdidas es que la imagen original puede ser recuperada, asegurando de esta manera que no hay pérdida de información importante para realizar el diagnóstico al paciente. Los métodos de compresión sin pérdidas, explotan el hecho de que una radiografía digital contiene información redundante, esto es hecho a través de técnicas matemáticas, las cuales no causan alguna pérdida de información, entre estas técnicas matemáticas se tienen: Modulación por código de pulso diferencial (DPCM), interpolación jerárquica (HINT), pirámide diferencia (DP), codificación de bit plano (BPE) y autoregresión multiplicativa (MAR).

Las técnicas de compresión sin pérdidas alcanzan ratios de compresión máximos en el rango entre 1,5:1 y 3:1.

Por otro lado, la ventaja de la compresión de imágenes con pérdidas, es el logro de la reducción de los tiempos de transmisión, logrando ratios de compresión mucho más elevados que la compresión sin pérdidas. Existen evidencias de que la compresión de imágenes con pérdidas no comprometen la cantidad de información suficiente para realizar el diagnóstico.

El algoritmo más ampliamente usado hoy día, para la compresión de imágenes con pérdidas es el estándar JPEG, el cual no fue originalmente creado para aplicaciones médicas. Sin embargo, recientes extensiones de JPEG han logrado resultados satisfactorios en la compresión de imágenes radiográficas. (4,12, 14, 18)

## VI. RADIOGRAFÍA DIGITAL EN ODONTOLOGÍA

Desde la obtención de la primera radiografía odontológica en 1896, el examen radiográfico se volvió esencial para el diagnóstico y el plan de tratamiento en las consultas dentales.

La aplicación de la tecnología del ordenador a la radiografía a permitido la adquisición, manipulación, almacenamiento, recuperación y transmisión de imágenes (Telerradiografía) hasta lugares remotos en un formato digital. La obtención de imágenes digitales requiere de un número de componentes, incluyendo alguna forma de sensor o detector electrónico, un convertidor analógico-digital, un ordenador y un monitor o una impresora (o ambos) para visualizar las imágenes.(1, 7, 10)

El registro de datos digitales sobre una imagen es utilizado en varias técnicas, incluyendo la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Los métodos utilizados para producir, manipular, almacenar, recuperar y transmitir imágenes digitales son similares en todas las técnicas, desde la Tomografía Computarizada hasta la radiografía intraoral, sólo difieren en los medios para recopilar los datos.(1, 7, 10)

Las imágenes radiográficas digitales pueden ser adquiridas mediante dos formas:

- De películas radiográficas convencionales: **radiografía Digital Indirecta.**

- Mediante detectores, que son dispositivos electrónicos transistorizados: **Radiografía Digital Directa.**

## ➤ RADIOGRAFÍA DIGITAL INDIRECTA

El procesamiento digital de imágenes registradas mediante películas radiográficas cumple varios objetivos:

1. Permite optimizar la calidad de la imagen manipulando el contraste y densidad, lo que permite percibir mejor los detalles y aumenta la capacidad diagnóstica.
2. Se puede almacenar gran cantidad de información.
3. Permite la transmisión de información a diferentes lugares.(5)

La digitalización de imágenes registradas mediante películas radiográficas se puede obtener por uno de varios métodos que difieren entre sí sólo por la forma en que se adquieren y/o visualizan los datos. Un sistema (Fuji Photo, Tokio, Japón) utiliza un tubo fotomultiplicador con una abertura muy pequeña (100 x 100  $\mu$ M) para barrer una radiografía iluminada. La señal analógica procedente del fotomultiplicador es digitalizada mediante un convertidor analógico-digital, y los datos digitales son procesados por un ordenador e introducidos en un convertidor digital-analógico cuya salida se emplea para modular la intensidad luminosa de un tubo fluorescente. La salida luminosa del un tubo fluorescente se dirige a una lámina de película radiográfica. Otros sistemas disponibles emplean una cámara de televisión como sensor y un monitor de televisión y/o una video impresora como dispositivos de visualización. Con independencia del método de adquisición y visualización, el resultado es el mismo: se obtiene información digital sobre la imagen, que puede ser manipulada y almacenada.(5, 7, 8)

## ➤ RADIOGRAFIA DIGITAL DIRECTA

A pesar del desarrollo de las películas con emulsión, de los nuevos equipos de Rayos X y de seguridad, la radiografía convencional aún presenta tres grandes desventajas:

1. Es necesaria una importante dosis de radiación.
2. El procesamiento químico de la película interrumpe la continuidad del tratamiento odontológico.
3. Se producen cantidades importantes de desechos altamente contaminantes para el medio ambiente.

A fines de los años 70 una nueva tecnología denominada Dispositivo de Carga Acoplada (CCD-Change-Couple-Device) fue desarrollada para ser aplicada en la Video Tecnología. Durante este periodo la SONY lanzo la primera cámara ultraliviana que utilizaba un sensor sólido llamada MAVICA.

La utilización de los sensores CCD se abocó al campo científico. Varios investigadores propusieron que el sensor CCD podría ser utilizado para la obtención de imágenes radiográficas, pero se estimaba que la baja eficiencia de este sensor con los fotones de energía mayores que 20 eV los descalificaba para el uso como sensor de radiación X. La combinación con una sustancia luminiscente, para la conversión de energía de Rayos X en luz fue una manera de superar el problema.

En 1987, un sistema de radiografía digital, Radio Visiography (Trophy Radiology, Vicennes, Francia), fue lanzado al mercado internacional para minimizar las desventajas de la utilización de la radiografía convencional. Utilizando un sensor sólido, más sensible que el film, el sistema ofrece radiologías intraorales inmediatamente después de la exposición.

Uno de los aspectos que incentivaron el uso de esta tecnología en la clínica odontológica se desprende del hecho de que con el uso de los sensores se promueve una reducción del 80 al 90% de la dosis del tiempo de exposición a los pacientes, una menor cantidad de fotones X es necesaria para la formación de la imagen en un CCD. Mientras que un film convencional de la calidad "E" requiere de 30 a 36 impulsos, el sensor digital requiere de apenas 3 a 5 impulsos. Para posibilitar la reducción del tiempo de exposición, los aparatos de Rayos X deben poseer un microprocesador para el ajuste de tiempo de exposición, de alrededor de los 0,02 segundos.

En la actualidad existen varios sistemas de digitalización de imágenes en el mercado nacional. Dentro de ellos podemos citar a Visualix (Genex Dental System, Monza, Italia), Sans-A\_Ray (Regam Medical Systems, Sundvall, Suecia), Computed Dental Radiography-CDR (shick Technologies, Inc., Nueva York, USA), Digora (Soredex Orion Corporation, Helsinki, Finlandia) y Denoptix (Gendex Dental System-División Americana, Chicago, USA). Siendo que Digora y Donoptix utilizan una placa de fósforo foto estimulada (PSP)

Los sistemas de radiología Digital se basan en la sustitución de la placa radiográfica, que se expone a un aparato de rayos X convencional y se revela y fija mediante la acción de productos químicos, por captadores que utilizan el mismo aparato de rayos X, pero suprimen los químicos utilizando para obtener la imagen distintos sistemas: CCD, Escáner Láser, etc.

Tiene una serie de ventajas:

1. Reducción del 60% de la dosis de radiación del paciente en comparación con la película E-Speed y del 77% en comparación con la D-Speed.
2. Rápida visualización de la imagen, sin tiempo de espera para procesamiento en el cuarto oscuro.
3. Facilita enormemente el almacenamiento, archivo y localización de las imágenes radiográficas.
4. Facilita el diagnóstico clínico, mediante el uso de potentes Software de tratamiento de imágenes que permiten actuar sobre ella, ampliándola, acentuando brillos y contrastes, coloreando, negativizando o resaltándola mediante efectos 3D.
5. Da un componente de Marketing muy importante en la clínica al posibilitar enseñar al paciente en pantalla las imágenes obtenidas y tratadas con el Software de retoque.
6. Reducen considerablemente los tiempos de consulta destinados a la radiología.(1, 2, 3, 4, 5, 6 7, 8)

Como inconvenientes podemos señalar:

1. Precio.
2. Menor calidad de la imagen comparada con las radiografías tradicionales.
3. Los captadores, excepto en los sistemas escáner láser, suelen tener una mayor rigidez que la placa radiográfica lo que dificulta su colocación en boca.(1, 6 ,7 ,8)

Los pasos en la manipulación de un equipo de radiografía digital básicamente son los siguientes:

1. El área estudiada se irradia con un aparato convencional de Rayos X, el cual debe poseer un microprocesador para el ajuste del tiempo de exposición (alrededor de 0,02 segundos) .En lugar de una película se coloca un sensor especial .

2. El sensor puede enviar la información directamente a la computadora a través de un cable, o el sensor puede ser colocado directamente en un rastreador de imágenes o scanner (DIGORA).

3. La radiografía aparece en el monitor y puede ser manipulada electrónicamente para cambiar el contraste, la resolución, la orientación y el tamaño. En este punto se puede medir electrónicamente la longitud de un canal radicular en tratamiento.(7, 8)

Además no debemos olvidar que en la radiografía digital al igual que en la convencional se debe cumplir con las Leyes de la Proyección que nos aseguran una imagen lo más isométrica e isomorfa posible. Estas Leyes son:

1. El punto focal debe ser lo más pequeño posible.
2. La distancia foco –objeto debe ser máxima.
3. La distancia objeto-película debe ser mínima.
4. El rayo central debe pasar por el centro del plano guía e incidir perpendicularmente en la película.
5. El plano guía del objeto y el plano de la película deben permanecer paralelos. (1)

- **FORMACIÓN DE LA IMAGEN RADIOGRAFICA DIGITAL DIRECTA**

Existen dos sistemas para la captación de la imagen en radiografía digital directa:

- 1.-Captación de imagen con sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplada).
- 2.-Captación de imagen con placa de fósforo foto estimulado (PSP).

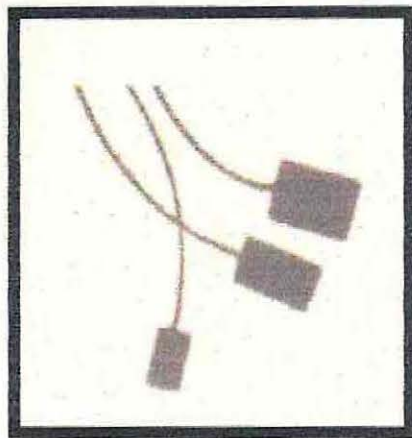
### **1.- SISTEMA CON SENSOR CCD**

Dentro de un pequeño contenedor, con forma rectangular, de diferente tamaño, se halla contenido el captor intraoral; la superficie interna de la cara sensible se halla recubierta por una sustancia fluorescente, al igual que las pantallas intensificadoras que se usan en radiología convencional, y que en ciertos casos recibe el nombre de "Scintillador".(7, 8)

La imagen luminosa de la estructura anatómica es transmitida a un CCD (dispositivo de carga acoplada), este es un dispositivo semiconductor, sensible a la luz, destinado a transformar la luminiscencia en una señal eléctrica de intensidad proporcional a la luminosidad incidente en su cara activa, logrando de esta manera que a las zonas de imagen de alta intensidad luminosa le corresponda la mayor señal eléctrica. Lo mismo sucede con las intermedias y las nulas.

La superficie activa del CCD se halla dividida en pequeñas celdas aisladas unas de otras, correspondiendo cada una a un píxel. En un CCD de pequeño tamaño existen 299.730 píxeles y su tamaño es de aproximadamente  $9,6 \times 6,3$  micrones.

Toda la información es leída de la superficie del CCD por un sistema de barrido electrónico que compone toda la superficie luminosa como si fuese un rompecabezas, transmitiendo toda esta información, que es analógica, en tiempo real.

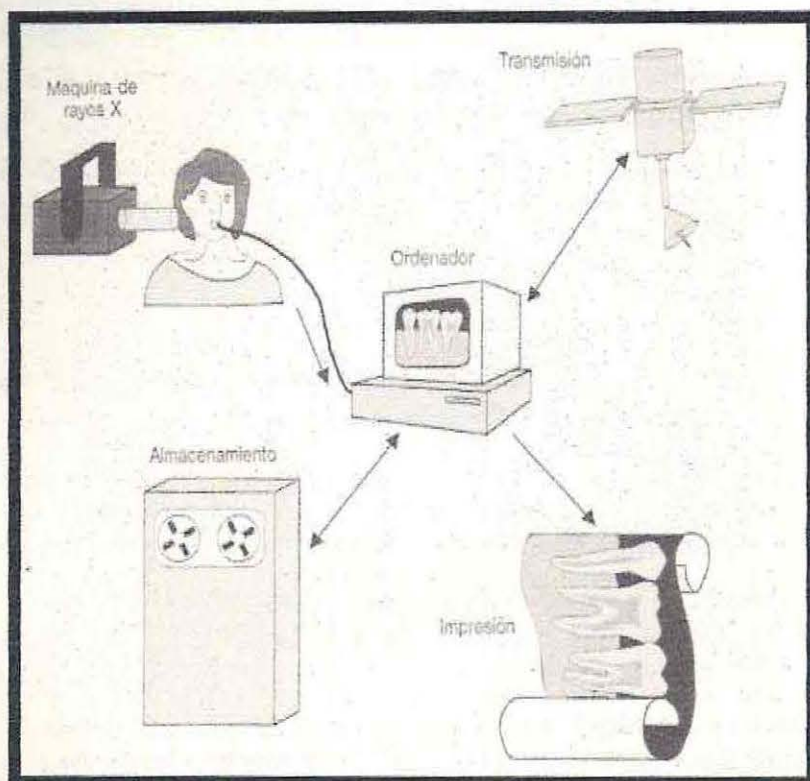


Diferentes tamaños de sensores CCD.

El CCD es deteriorado con el impacto de los fotones de rayos X por lo que distintos fabricantes han recurrido a variadas soluciones, como ser la interposición de una zona de fibras ópticas entre la superficie luminiscente y el CCD destinadas a permitir el paso de la información luminosa pero impedir el de la radiación X perjudicial para el CCD.

La información analógica proviene del sensor intrabucal llega a la computadora donde es digitalizada, almacenada en una memoria y presentada en un monitor. La información que se encuentra en la memoria es posible manipularla en distintos parámetros como ser el

contraste; luego puede imprimirse o se presenta grabada en un soporte como disquete, etc. (7, 8, 13)

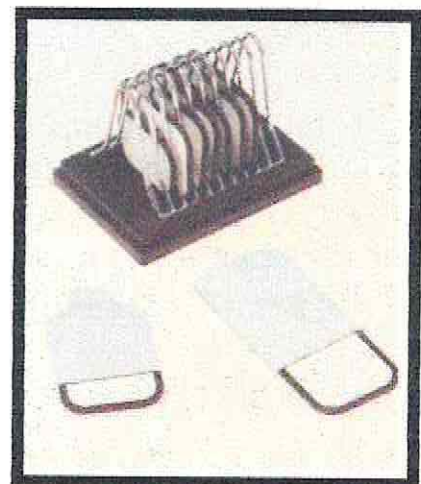


La imagen es obtenida por un sensor CCD en la boca del paciente, la señal es enviada a un ordenador y se visualiza en un monitor. La imagen se puede almacenar para uso futuro, imprimir en papel o transmitir por medios electrónicos hasta un lugar remoto.

## 2.-SISTEMA CON SENSOR PSP

Se basa en la utilización de un paquete intrabucal, con sus correspondientes envolturas, dentro del cual encontramos una lámina estimulable por la radiación X (lámina fotorradiestimulable), destinada a obtener una imagen latente de la zona anatómica en estudio. Posteriormente esta imagen es transformada en real y escaneada, convirtiéndose en una imagen digitalizada.

La estructura atómica de la sustancia radiofotosensible permanece en estado de "excitación" pero sin emisión luminiscente, permitiendo de esta manera conservar la imagen virtual por un periodo de tiempo con ahorro de energía. En el momento de ser leída por el sistema digitalizador, es barrida la superficie activa de la lámina, por un haz de luz láser, que aporta la energía restante a su estado de excitación para transformarse en luminiscente. De este modo la imagen fluorescente, fiel reflejo de la adquirida en el momento de su exposición es leída por un sistema scanner y esa información transformada en digital, para su procesamiento informático.(7, 8, 13)



Scanner láser del sistema DIGORA (flecha) y placas ópticas en dos tamaños (izquierda)

## ➤ MANIPULACIÓN DIGITAL

La manipulación de la imagen digital optimiza el diagnóstico radiográfico. El control de brillo y contraste que se puede hacer en una imagen digital, permite dar una impresión de que es una imagen más correcta, y la densidad óptica está limitada por la grabación de la imagen. Con el control de estos parámetros se evita retomar una radiografía, cuyo grado de brillo y contraste no es satisfactorio. Por consiguiente, la imagen digital ofrece una mayor rapidez en la clínica odontológica, se optimiza el tiempo de trabajo y se evita, además, la reexposición del paciente a los rayos X, promoviendo una economía de los efectos biológicos provocados por esa radiación ionizante. (9, 10, 18)

Con la inversión de la imagen podemos mejorar nuestra capacidad de diagnóstico permitiendo una mejor visualización de reparos anatómicos importantes como el Seno Maxilar, la Espina Nasal, la Fosa Nasal y el pilar del canino en la Maxila y el Canal Mandibular y Agujero Mentoniano de la Mandíbula. Se puede también visualizar mejor los procesos patológicos que envuelven al Complejo Máxilo Mandibular.

Con la posibilidad de reorientación de la imagen, no es necesario fijarse en el "corte" del film como en la exposición convencional, pues si la imagen aparece invertida en el monitor se puede reorientar.

Con la ampliación de la imagen podemos mejorar la visualización de patologías periapicales, permitiendo, por ejemplo, un mejor análisis de la Lámina Dura y estructuras próximas. Sin embargo esta ampliación no altera la resolución de la imagen digital, pues ella está relacionada directamente con la imagen original, la que está vinculada a la calidad del sensor.

Con el sistema digital se pueden realizar medidas lineales o angulares. Utilizando el sistema de medidas en los procedimientos endodónticos se puede verificar el avance de la instrumentación con rapidez y eficacia, las medidas pueden ser calibradas para la obtención de un valor real, eliminando las distorsiones inherentes a las técnicas

intraorales. Podemos también medir procesos patológicos, ayudando al plan de tratamiento preoperatorio. En los procedimientos quirúrgicos y de implantes se puede valorar la cantidad, localización y calidad del hueso, antes durante y después del tratamiento.

Informes radiológicos pueden ser incorporados como imágenes digitales, facilitando su almacenamiento, el reanálisis de las condiciones y el proceso de recuperación en diversos periodos de tiempo. Además la imagen digital no pierde su calidad con el pasar del tiempo.

Combinando la radiología con las telecomunicaciones tenemos la transmisión de imágenes radiográficas a través de las líneas telefónicas, podemos enviar informes radiográficos a colegas que nos derivan pacientes, pedir diferentes puntos de vista para un informe concluyente. (9, 10, 18)

## ➤ AVANCES TECNOLOGICOS

Dentro de los avances tecnológicos, tenemos la tecnología APS (Active Píxel Sensor) y la tecnología USB (Universal Serial Bus).

La tecnología APS ofrece un sensor con un grosor menor a 5mm, una mayor área útil, una vida de aproximadamente 400.000 dosis, una razón señal / ruido de 4096:1 y permite la obtención de una imagen digital con una resolución de 12,5 pl/mm.

Existen varios periféricos que envían información (sensores, "scanners", "mouses", teclados, etc.) y otros que reciben información (impresoras, Plotters, monitores, etc.). Todos los periféricos son conectados a la CPU a través de "puertas" en la placa madre. Estas

puertas pueden ser de tipo paralela, serial o tarjetas internas. Con la puerta denominada USB se ha eliminado el uso de tarjetas internas en el

computador. Con una simple conexión, esta tecnología elimina problemas de conflictos entre tarjetas y al mismo tiempo optimiza el desempeño de la máquina, aumentando las posibilidades de conexión con otros "hardwares". Gracias a la tecnología USB, no hay necesidad de desconectar o reiniciar el computador para conectar o desconectar un periférico.

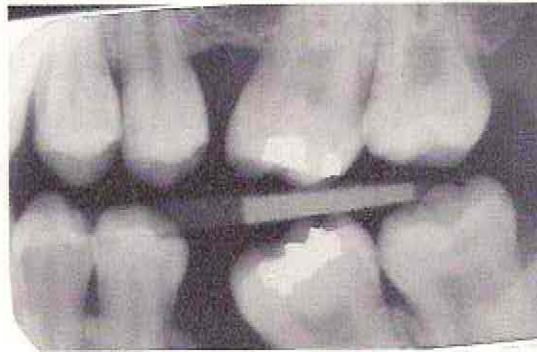


**RADIOVISIOGRAFO (C.D.R) SCHICK** con interfase USB que permite la conexión y desconexión inmediata a cualquier computador de escritorio o personal. Posee además sensores APS. Equipo completamente portátil.

La obtención de la radiografía panorámica y cefalométrica con un sistema de imagen digital directo ha sido objeto de varios estudios. El concepto básico de este dispositivo también es la sustitución del film convencional por un sensor sensible a los rayos X y el subsecuente reformateo de la imagen para su visualización en un monitor de alta resolución. La información para columnas sucesivas de píxeles de imagen es obtenida en una fuente de una rayos X que gira alrededor de la cabeza del paciente. En Marzo de 1999, Shick Technologies, Inc. Lanzó el CDRPan, el primer sistema digital universal que puede ser adaptado a los aparatos de radiografías panorámicas. El CDRPan está integrado al sistema de imagen digital CDR y produce radiografías panorámicas con alta resolución, eliminando el procesamiento químico.

## VII. CASOS CLINICOS

### Caso clínico 1



a)



b)



c)

Fig. a) Radiografía Bite Wing convencional :  
Dte. 2.4 caries dentinaria distal  
Dte. 2.5 caries dentinaria mesial, caries incipiente de esmalte distal  
Dte 2.7 y 4.7 obturación oclusal  
Dte 4.8 caries dentinaria oclusal

Fig. b) y C) Radiografía digital Bite Wing de la misma zona.

## Caso clínico 2



a)



b)

Fig. a) Radiografía periapical convencional zona dtes. 2.4 y 2.5

Dte. 2.4 obturación oclusal caries dentinaria distal ,  
periapice normal.

Dte 2.5 obturación oclusal caries incipiente de esmalte mesial.

Dte. 2.6 obturación ocluso-mesial.

Fig. b) Radiografía periapical digital de la misma zona.

### Caso clínico 3



a)



b)

Fig. a) Radiografía periapical convencional zona dte. 4.6.

Fig. b) Radiografía periapical digital del mismo dte. El sensor debió colocarse en posición oblicua para poder radiografiar a la pieza dentaria completa.

## VIII. CONCLUSIONES

Los sistemas de **RADIOGRAFÍA DIGITAL** están remplazando rápidamente a la radiografía convencional en captura, visualización, almacenamiento y comunicación de datos con la imagen ; pero aún faltan mejoras en la calidad de esta.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Goaz-White. **Imagen digital**. Radiología oral, Tercera edición, 275-278.
2. **The digital dental office as the agent of change**. Meeting Report. Journal Dentomaxillofacial Radiology (1999) **28**, 55-65.
3. Price C, Ergül N. **A comparison of a film-based and a direct digital dental radiographic system using a proximal caries model**. Journal Dentomaxillofacial Radiology (1997) **26**, 45-52.
4. Versteeg CH, Sanderink GCH, Van Ginkel FC, Van der Stelt PF. **An evaluation of periapical radiography with a charge-coupled device**. Journal Dentomaxillofacial Radiology (1998) **27**, 97-101
5. Versteeg CH, Sanderink GCH, Geraets WGM, Van der Stalt. **Impact of scale standardization on images of digital radiography systems**. Journal Dentomaxillofacial Radiology (1997) **26**, 337-343
6. White SC, Yoon DC. **Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries**. Journal Dentomaxillofacial Radiology (1997) **26**, 32-38.
7. **La imagen clínica en odontología**. Revista Profesión Dental  
<http://www.coem.org/revista/vol3-n1/form3.html>
8. **La radiovisiografía en odontología y medicina**  
<http://www.caminodental.com/s1/a5.html>
9. **Radiografía digital direta em endodontia**  
<http://www.usp.br/fo/dentistica/endo/varella/cristiane.htm>
10. **Radiografía digital**  
<http://www.pampanet.com.br/cleber/bauru.html>

11. **Página de presentación**  
<http://www.labrades.com.br/especifi.htm>
  
12. **Hacia la teleodontología. educación y salud**  
<http://dimoni.uv.es/ejdr/Art00016.htm>
  
13. **Desarrollo de los distintos sistemas intrabucales-Camino Dental**  
<http://www.caminodental.com/a1-n0/s1/desarrollo.html>
  
14. **La telemedicina y sus aplicaciones de altas prestaciones**  
URL: [neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/ARudas.htm](http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/ARudas.htm)
  
15. **RVG - Cámaras Intraorales - Schick Technologies**  
URL: <http://www.nti.com.ar/Informatica/rvg.htm>
  
16. **Página de Información del escáner EPSON**  
URL: <http://www.epson.es/product/imaging/scan...ression1640.htm>
  
17. **KODAK: Kodak Professional - Digital**  
URL: <http://www.kodak.com.ar/AR/es/profession...tal/index.shtml>
  
18. **Lecturas sobre Radiología Digital**  
<http://www.imedi.com/documentos/lecturas/lecturas.htm>