



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**COMPLEJO REGIONAL NORORIENTAL**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE LA SALUD TEZIUTLÁN**

**“DE LA RADIOLOGIA CONVENCIONAL A LA RADIOLOGIA DIGITAL”**

**Tesina que para obtener el título de:**

**PROFESIONAL ASOCIADO EN IMAGENOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**María Dolores de la Cruz Pérez**

**Asesor Experto: Dr. Daniel Alberto Gamino Jaimes**

**Asesor metodológico: MCE. Sergio Manuel Cruz Cortés**

**Teziutlán, Puebla. Julio 2021**

# ÍNDICE

## INTRODUCCION

## OBJETIVOS

## JUSTIFICACION

## ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS RAYOS X

## BREVE HISTORIA DE LA RADIOLOGIA EN MEXICO

<b>1</b>	<b>FISICA DE LOS RAYOS X</b>	<b>9</b>
1.1	¿QUE SON LOS RAYOS X?	9
1.2	ESPECTRO ELECTRO MAGNETICO	10
1.3	PROPIEDADES DE LOS RAYOS X	12
1.3.1	INTERRELACION DE LA RADIACION CON LA MATERIA	13
<b>2</b>	<b>EL TUBO DE RAYOS X</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Composición del tubo de Rayos X</b>	<b>18</b>
2.1.1	Componentes externos	18
2.1.2	Componentes internos	20
<b>2.2</b>	<b>Producción de Rayos X</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>RADIOLOGIA CONVENCIONAL</b>	<b>23</b>
3.1	Equipamiento para rayos X convencional:	23
3.1.1	TUBO DE RAYOS X	24
3.1.2	Funcionamiento del tubo	25
3.1.3	Generador de alta tensión	26
3.2	Los Chasis Radiográficos	26
3.2.1	Pantallas fluorescentes	27
3.2.2	Tamaño de los Chasis	27
3.2.3	Las Películas Radiográficas	28
3.2.4	Cuarto oscuro	28
3.2.5	Manipulación de la película expuesta	29
3.3	Proceso de revelado fotográfico	30
3.3.1	Recuperación de plata	32
3.4	Velado fotográfico	33
3.5	REVELADO	34
3.5.1	Revelado Manual	34

3.5.2	Revelado Automático	37
3.6	CONSECUENCIAS DEL MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS PARA EL REVELADO DE PELICULAS RADIOGRAFICAS.	41
<b>4</b>	<b>RADIOLOGIA DIGITAL</b>	<b>42</b>
4.1	Radiología Computarizada Digital Indirecta, IR o CR	42
4.2	Radiología Digital Directa (DR)	47
<b>5</b>	<b>CONCEPTOS SOBRE CALIDAD DE LA IMAGEN</b>	<b>48</b>
5.1	Resolución espacial	48
5.2	Resolución en contraste	48
5.3	Ruido	48
5.4	Velocidad	48
<b>6</b>	<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIOLOGIA CONVENCIONAL</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIOLOGIA DIGITAL</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>53</b>

## Índice de figuras y tablas

Índice de figuras		
Figura	Título	Página
1	Retrato de Wilhelm Conrad Rontgen. ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv. Dominio público WikimediaCommons. <a href="http://www.nobelprize.org/">http://www.nobelprize.org/</a> .	10
2	Laboratorio de Wilhelm Rontgen en la Universidad de Wurzburg, donde hizo el descubrimiento de los Rayos X. Dominio público WikimediaCommons. <a href="http://www.nobelprize.org/">http://www.nobelprize.org/</a>	11
3	Tubo Rayos Catódicos o tubo de Crookes encendido. Autor: D-Kuru. Dominio público WikimediaCommons.	12
4	<b>Mano con Anillos:</b> Una impresión de la Primera Radiografía de Wilhelm Roentgen. Muestra la mano izquierda de su señora Anna Bertha Ludwing. Fue presentada al Profesor Ludwig Zehnder del Instituto de Física de la Universidad de Freiburg el 01 de enero de 1896. Dominio público WikimediaCommons. Fotografo: Wilhelm.	13
5	Radiografía del codo publicada en 1897 en la tesis del Dr. Zafra, realizada en la Ciudad de México por el Dr. Jofre. Tomado de la tesis de Zafra A. «Algunas aplicaciones de los rayos X a la cirugía y la medicina.».	14
6	Espectro electromagnético. Manual de radiología para técnicos (Stewart C. Bushong) décima edición. 2013.	18
7	La dispersión coherente es una interacción entre rayos X de baja energía y átomos. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	20
8	Dispersión Compton, se produce entre rayos X de energía moderada y los electrones de las capas externas. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	21
9	Efecto fotoeléctrico, el fotón incidente desaparece y el electrón fotoeléctrico es expulsado del átomo. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	22
10	Producción de pares, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	23
11	La fotodesintegración, el rayo X es absorbido por el núcleo y emite un fragmento nuclear, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	24
12	A, Soporte de techo. B, Soporte de suelo, C, Soporte con brazo en C. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	25
13	Revestimiento protector, reduce la intensidad de la radiación de fuga. Manual para técnicos radiólogos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.	26

14	Componentes internos del tubo de rayos X, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013	27
15	Tipos de tubo de rayos X. A, Ánodo estacionario. B, ánodo rotatorio, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013	27
16	Distribución de una sala de rayos X con cuarto oscuro. La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979, Pag 10.	30
17	Componentes del tubo de rayos X. La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979.	33
18-24	Proceso de un revelado manual. <a href="https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/">https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/</a>	61
25	Líquidos de una reveladora manual. <a href="https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/">https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/</a> .	62
26	PAKO, 1942. <a href="https://www.slideshare.net/AnahiVenttura/revelado-automatico">https://www.slideshare.net/AnahiVenttura/revelado-automatico</a> .	63
27	KODAK, 1956. <a href="https://www.slideshare.net/AnahiVenttura/revelado-automatico">https://www.slideshare.net/AnahiVenttura/revelado-automatico</a> .	64
28-31	Reveladora automática, sistema de rodillos. <a href="http://tecnicosrx11.blogspot.com/2011/05/sala-de-rayos-x.html">http://tecnicosrx11.blogspot.com/2011/05/sala-de-rayos-x.html</a>	65
32-33	Chasis especiales. <a href="https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto">https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto</a> .	74
34	Lectura de CR. <a href="https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml">https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml</a> .	76
35	Secuencia de CR. <a href="https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml">https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml</a> .	77
36	Funcionamiento interno del CR. <a href="https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto">https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto</a> .	78

Índice de tablas		
<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Espectro electromagnético. Elaboración propia	17
2	Secuencia en el revelado de una radiografía, fundamentos de la imagen radiográfica-Departamento de productos radiográficos KODAK, 1986 Madrid.	50
3	Componentes del revelador y sus funciones, GARATE ROJAS, M (1988).- Fundamentos de la Técnica radiológica. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona	51
4	Componentes de fijador y funciones, GARATE ROJAS, M (1988).- Fundamentos de la Técnica radiológica. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona	55
5	Riesgos y síntomas. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013	50
6	Ventajas y desventajas de la radiología convencional. La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979, Pag 10.	66
7	Ventajas y desventajas de la radiología digital. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013	67

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de más de diez décadas la radiología convencional ha demostrado ser un método confiable y seguro, y se obtienen buenas imágenes, sin embargo esta rama de la medicina es donde se ha hecho más notorio el avance de los pasos agigantados de la tecnología, al introducir equipos más desarrollados, marcando un gran cambio en la práctica diaria.

Los equipos convencionales llevan detrás un largo camino de desarrollo, desde los equipos manuales hasta los automáticos, por ello debemos conocer los importantes avances que cada uno aportó y marco una etapa para llegar a conocer la radiología médica tal y como la conocemos hoy en día.

La radiología digital va reemplazando la radiología convencional paulatinamente, esta renovación viene con nuevos sistemas que ayudan a una mejor observación y valoración de las imágenes, así como también nuevos retos para el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), sobre todo en el conocimiento y manejo de los equipos, los diferentes sistemas y funciones de los equipos actuales son extensamente distintos a los convencionales, por ello se necesita una buena preparación para no cometer errores que conllevan a problemas más grandes a la hora de reparar los equipos tomando en cuenta el gasto económico que sobrelleva.

Todo está lleno de desarrollo tecnológico y por ello debemos estudiar y analizar cada una de las diferencias entre un equipo convencional y un equipo de radiología digital, analizando cada parte que conforma cada uno, marcando los cambios tecnológicos y físicos.

Sin embargo no se puede dejar de lado las diferencias marcadas en la imagen latente que se obtiene de cada equipo, ya que estos son el resultado final de todo este desarrollo.

Por ello este trabajo se centrará en todo este proceso de cambio, iniciando con la historia del descubrimiento de los Rayos X, así como los grandes personajes que cambiaron el rumbo de la medicina.

## **OBJETIVOS**

El siguiente trabajo se ha definido como la evolución de la radiología convencional a la radiología digital con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

### **Objetivo general:**

- Determinar mediante la diferenciación clínica de la radiografía digital vs. la radiografía convencional cual es más beneficiosa para el paciente y el médico.

### **Objetivos específicos:**

- Precisar las ventajas y desventajas entre un equipo de radiología convencional a un equipo de radiología digital
- Señalar los beneficios específicos para el paciente y para el técnico/médico radiólogo.
- Analizar y comparar el funcionamiento de cada equipo.
- Establecer una línea del tiempo de la evolución radiológica.

## **JUSTIFICACION**

La valoración médica por imagen es una de las áreas que más se ha desarrollado desde la perspectiva tecnológica en los últimos años, lo cual nos lleva a realizarnos la gran pregunta: ¿Qué tanto ha evolucionado la radiología durante estos años y cuáles son sus ventajas sobre los equipos convencionales? La radiología digital ha tenido un gran avance que ha llegado a superar los equipos de rayos X convencional, así como ha mejorado la capacidad de dar mejores diagnósticos en un tiempo relativamente corto, mejorando así la relación riesgo-beneficio, tanto como para pacientes como para el POE (Personal Ocupacionalmente Expuesto).

Por ello en este trabajo se plasmará las diferencias y características de la radiología convencional y radiología digital, dando así una guía para todo aquel que desconozca o quiera profundizar en el tema.

## ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS RAYOS X

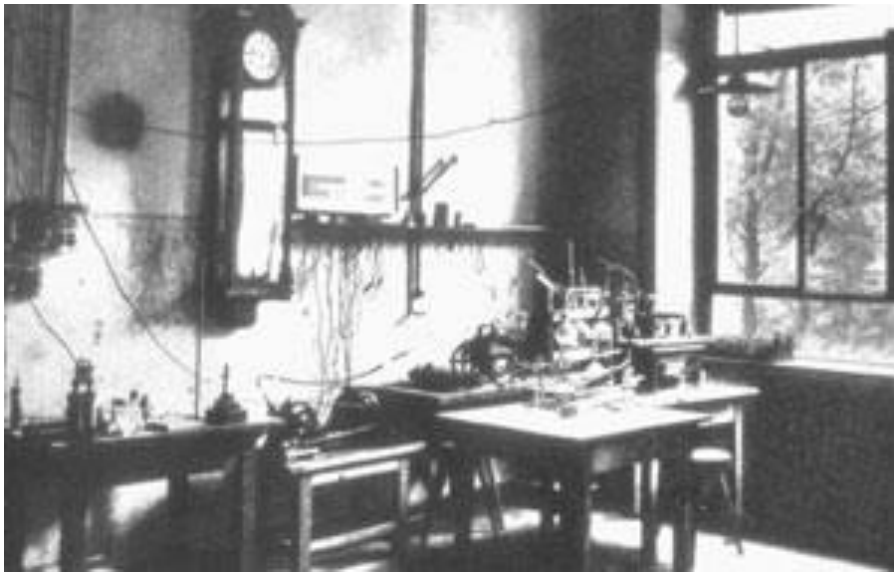
Los rayos X no fueron desarrollados, sino descubiertos y su hallazgo fue accidental. Entre las décadas de 1870 a 1890 muchos laboratorios de física universitarios estaban investigando la conducción de los rayos catódicos o electrones mediante un tubo llamado tubo de Crookes.

Figura 1. Retrato de Wilhelm Conrad Röntgen. ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv. Dominio público Wikimedia Commons. <http://www.nobelprize.org/>.



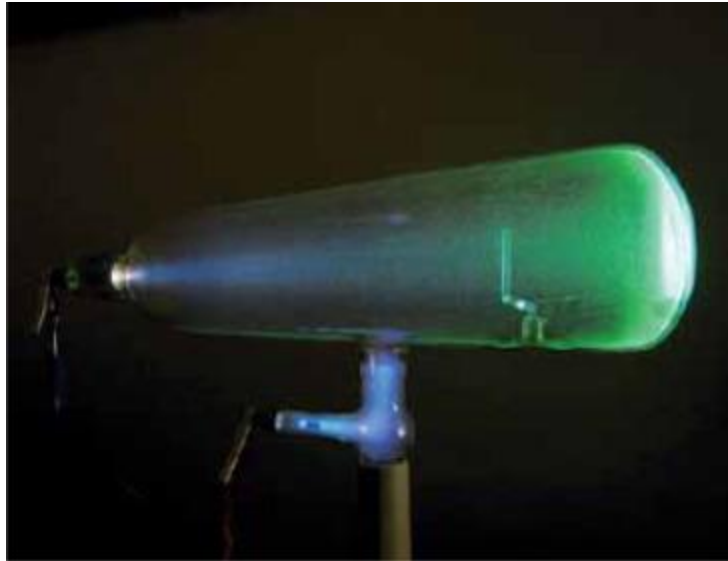
El 8 de noviembre de 1895, Wilhelm Roentgen estaba en su laboratorio de física en la universidad de Würzburg, en Alemania. Dejó su laboratorio a oscuras y había rodeó completamente el tubo de Crookes con papel fotográfico negro para poder visualizar mejor lo que causaban los rayos catódicos en el tubo, en una repisa a unos metros de distancia estaba una placa revestida con platino cianuro de bario, un material resplandeciente.

Figura 2. Laboratorio de Wilhelm Rontgen en la Universidad de Wurzburg, donde hizo el descubrimiento de los Rayos X. Dominio público WikimediaCommons. <http://www.nobelprize.org/>



El papel negro que envolvía el tubo de Crookes no dejaba que saliera la luz, pero Roentgen se percató que el platino cianuro de bario brillaba, la intensidad del brillo aumentaba si la placa se acercaba al tubo. Este brillo se denomina fluorescencia.

Figura 3. Tubo Rayos Catódicos o tubo de Crookes encendido. Autor: D-Kuru. Dominio público Wikimedia Commons.



El llamó a este descubrimiento como luz X, y lo que hizo fue colocar diversas cosas de diferente material y grosor entre el tubo y la placa fluorescente, entre los materiales que colocó fue aluminio, madera y su mano. Sus análisis fueron drásticos en un inicio y a finales de 1895 hizo público su análisis a los científicos de Wurzburg

Se le otorgó el grado de doctor honoris causa en medicina y obtuvo el premio Nobel de Física en el año 1901 en “Reconocimiento a los extraordinarios servicios por el descubrimiento de los Rayos X”. Rechazó el título de “Von” por parte del Rey y no patentó el descubrimiento.

Él tomó y difundió la primera imagen de rayos X, fue tomada el 22 de diciembre del 1895, obteniendo la típica imagen de la mano, era la imagen de la mano de su esposa ANNA BERTHA ROENTGEN

**Figura 4. Mano con Anillos:** Una impresión de la Primera Radiografía de Wilhelm Roentgen. Muestra la mano izquierda de su señora Anna Bertha Ludwing. Fue presentada al Profesor Ludwig Zehnder del Instituto de Física de la Universidad de Freiburg el 01 de enero de 1896. Dominio público WikimediaCommons. Fotografo: Wilhelm Roentgen. <http://www.nobelprize.org/>.



Se originaron diversos eventos sobre el hallazgo de los rayos X extraordinarios que lo hacen distinguir entre los acontecimientos notables en la historia de la humanidad. Primero, el descubrimiento fue accidental. Segundo, potencialmente no menos de doce relativos de Roentgen habían visto antes este fenómeno, sin embargo nadie de esos físicos inspeccionó más.

## **BREVE HISTORIA DE LA RADIOLOGIA EN MEXICO**

El informe preliminar que se hizo público sobre la primera imagen que se hizo en la ciudad de México empezó en la tesis recepcional del Dr. Amador Zafra, publicada en 1897. La primera radiografía fue realizada a una enferma el 11 de agosto de 1896, la cual tuvo un traumatismo en el codo derecho y permaneció en el Hospital Juárez, el primero que empleó una radiografía para uso en el diagnóstico operatorio fue el Dr. Tobías Núñez.

Figura 5. Radiografía del codo publicada en 1897 en la tesis del Dr. Zafra, realizada en la Ciudad de México por el Dr. Jofre. Tomado de la tesis de Zafra A. «Algunas aplicaciones de los rayos X a la cirugía y la medicina.»



## **Una nueva primera radiografía**

Sin embargo, un nuevo dato surgió, lo cual llevó a una modificación sobre este reportaje.

El Dr. Alberto Alcocer Andalóm y su copartícipe presentaron un artículo el cual dice lo siguiente: <<<El 24 de octubre de 1896, el Periódico Oficial del Estado de San Luis Potosí informa que en la Inspección General de Salubridad Pública del Estado, se había comenzado a hacer experimentos para ver a través de los cuerpos opacos, maravilloso descubrimiento del profesor Roentgen. Los experimentadores eran los doctores Jesús E. Monjarás y Doroteo Ledezma, ayudados en su inicio por el Pbro. PM Castro...» por ello desde ese día y durante 35 años se consideró a San Luis Potosí como «la cuna de la radiología en México». En esos años aparecieron varias descripciones del empleo de los rayos X en esa ciudad.>>

Estos datos se encuentran plasmados en los archivos de historia Potosina.

# 1 FÍSICA DE LOS RAYOS X

## 1.1 ¿QUE SON LOS RAYOS X?

Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética, tienen una pequeña longitud de onda con posibilidad de interactuar con la materia, a menor longitud de onda de los rayos X, mayor es su energía y fuerza de penetración. La fuerza desprendida y transmitida en el espacio se denomina radiación. La energía capaz de ionizar la materia se conoce como radiación ionizante y es apto para retirar un electrón circular del átomo con el que interactúa. Este tipo de interactividad entre la radiación y la materia se le llama ionización. La ionización tiene lugar cuando los rayos X pasan cerca de un electrón orbital de un átomo, al que proporciona suficiente energía para que dicho electrón abandone el átomo.

## 1.2 ESPECTRO ELECTRO MAGNETICO

El conjunto de frecuencias de la energía electro magnética abarca muchos tipos de energía, la mayoría de las cuales no son familiares. Agrupadas, estas radiaciones constituyen al espectro electro magnético.

Las distintas fracciones de este incluyen:

1. Rayos Gamma
2. Rayos X
3. Radiaciones ultravioletas
4. Luz visible
5. Rayos infrarrojos
6. Microondas
7. Ondas de radiofrecuencia

Tabla 1. Espectro electromagnético. Elaboración propia

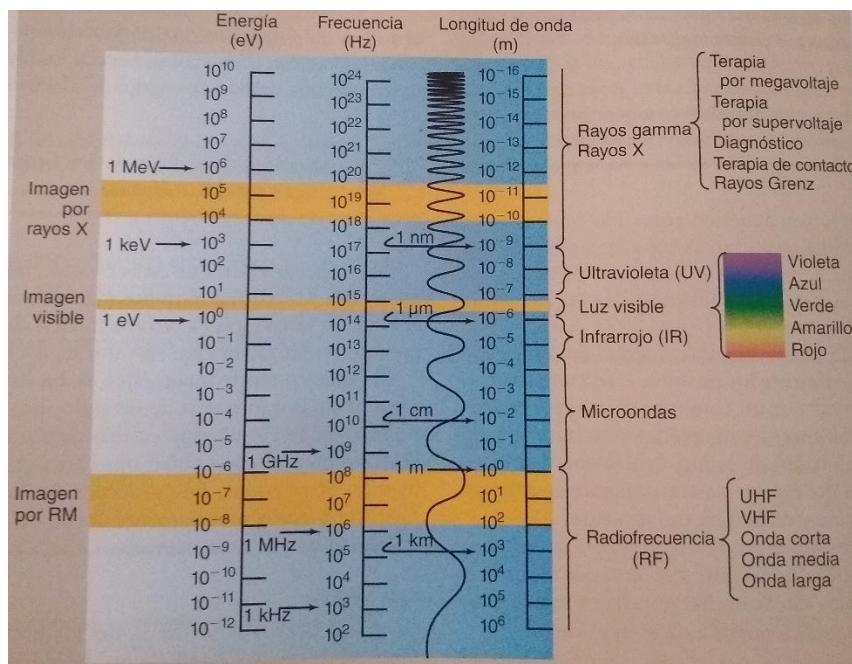


El espectro electromagnético contiene tres escalas diferentes, para la energía, la frecuencia y la longitud de onda, dado que la velocidad de todas las ondas electromagnéticas es constante, la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales.

Para describir las distintas regiones del espectro electromagnético se emplean las siguientes características:

- La cantidad de basculaciones por segundo se denomina Frecuencia.
- El intervalo entre dos puntos en los que el campo magnético y eléctrico alcanzan su valor máximo Se mide en metros y si la longitud de onda es corta la calculan en Angstrom y se le conoce como la longitud de onda
- La velocidad de la luz es la cantidad con la que se emiten las ondas electromagnéticas en el vacío.
- La altura de una onda es Amplitud

Figura 6. Espectro electromagnético. Manual de radiología para técnicos (Stewart C. Bushong) décima edición. 2013



### 1.3 PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

Roentgen reaccionó a su hallazgo con una fortaleza científico, que en poco menos de un mes ya había explicado la radiación X con todas las particularidades que se conocen hoy en día.

Tales propiedades son las siguientes:

1. **Fuerza de penetración:** incluye la capacidad de penetrar todo tipo de material.
2. **Fluorescencia:** producen luminiscencia en unos cuantos materiales, entre ellos el el sulfuro de zinc y platino cianuro de bario
3. **Ionización:** Brinda un modo de medición para la energía de los rayos X y que depende de su longitud de onda, puede hacer visible su trayectoria en una cámara de burbujas o niebla.
4. **Desviación de los rayos X:** Pueden modificar su trayectoria o en su caso envolver un objeto
5. **Efecto fotográfico:** Es el cimiento de la imagen radiológica. Ya que pueden ennegrecer de las emulsiones fotográficas para ser veladas y fijadas.
6. **Efecto biológico:** Se analizan para poder brindar conocimientos tanto del lado benéfico así como del negativo, ya que se usan para radioterapia en pacientes con CA y en el aspecto negativo para poder brindar mayor protección radiológica al POE y al paciente.

### 1.3.1 INTERRELACION DE LA RADIACION CON LA MATERIA

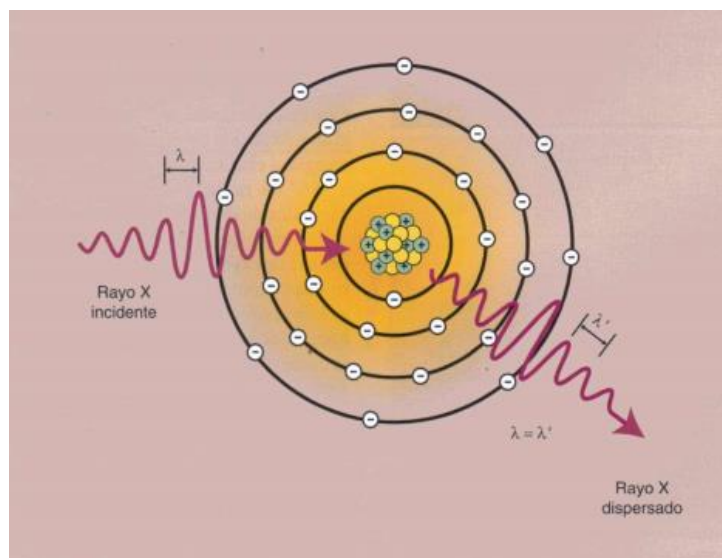
Existen cinco mecanismos mediante los cuales interacciona con los rayos X, pero solamente dos de ellos son de importancia para la radiología diagnóstica.

#### **Dispersión coherente:**

También conocida como dispersión de Thompson, ya que el físico J.J. Thompson fue quien la describió

En la dispersión coherente, el rayo X incidente choca con un átomo blanco, ocasionando que este se transforme en un átomo agitado, el átomo blanco libera el excedente de energía en forma de rayos X esparcidos con una longitud de onda como al rayo X incidente. Lo que ocasiona un cambio de la dirección del rayo X sin que se altere su poder, no existe transferencia de energía, así como tampoco de una ionización. Implica principalmente a los rayos X de baja energía, y que contribuyen levemente al borrosidad de la imagen, lo que ocasiona que haya un aumento del color gris en la imagen provocando una reducción en el contraste de una radiografía.

Figura 7. La dispersión coherente es una interacción entre rayos X de baja energía y átomos. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013



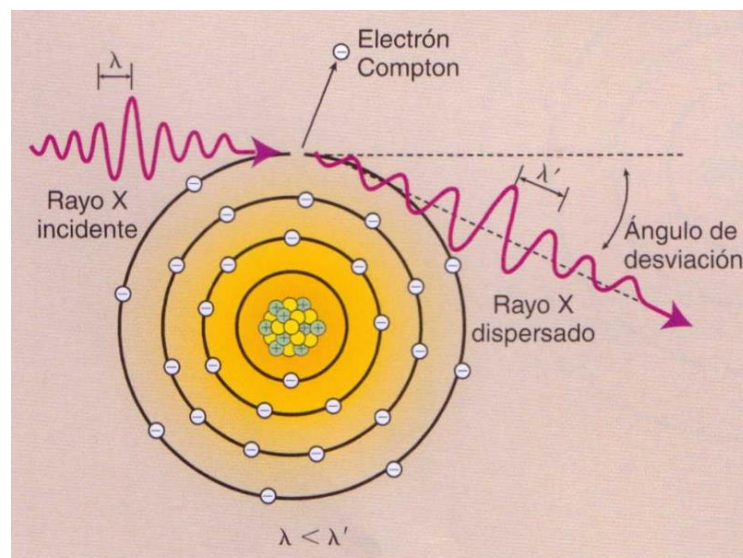
## Dispersión Compton:

Fue descubierto por Arthur Holly Compton en el año, es una interrelación de los electrones de la parte exterior y lo saca del átomo, minimiza su energía, ioniza el átomo y dispersa el rayos X.

Se presenta en cualquier tipo de radiación, no brinda una información útil en una imagen, provoca una disminución al contraste de la imagen.

Figura 8. Dispersión Compton, se produce entre rayos X de energía moderada y los electrones de las capas externas.

Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013



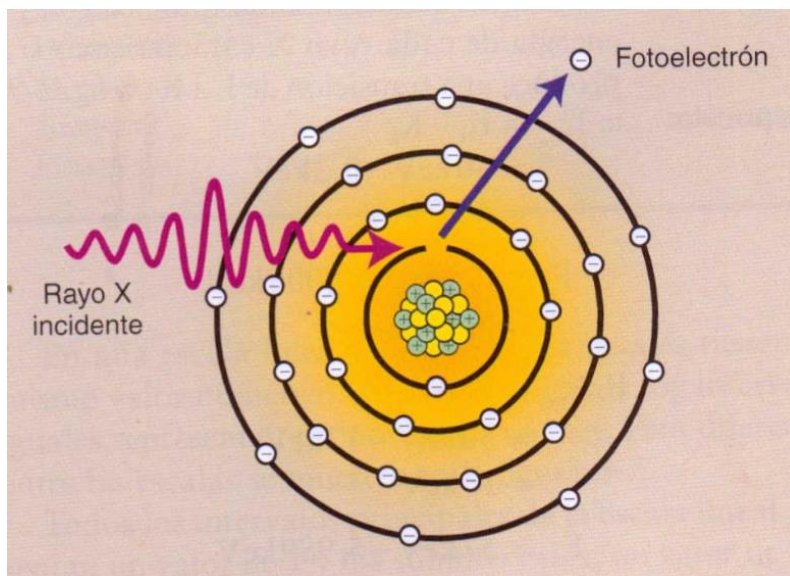
### Efecto fotoeléctrico:

En este caso, el rayo X no se dispersa, sino que se absorbe totalmente, esto lo describió Albert Einstein y le valió el premio Nobel de física en 1921.

El electrón eliminado del átomo se conoce como foto electrón, sale con una fuerza cinética similar a la diferencia del rayo X.

Una interacción fotoeléctrica no puede producirse a menos que el rayo incidente presente una energía similar o mayor a la energía del electrón.

Figura 9. Efecto fotoeléctrico, el fotón incidente desaparece y el electrón fotoeléctrico es expulsado del átomo. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013

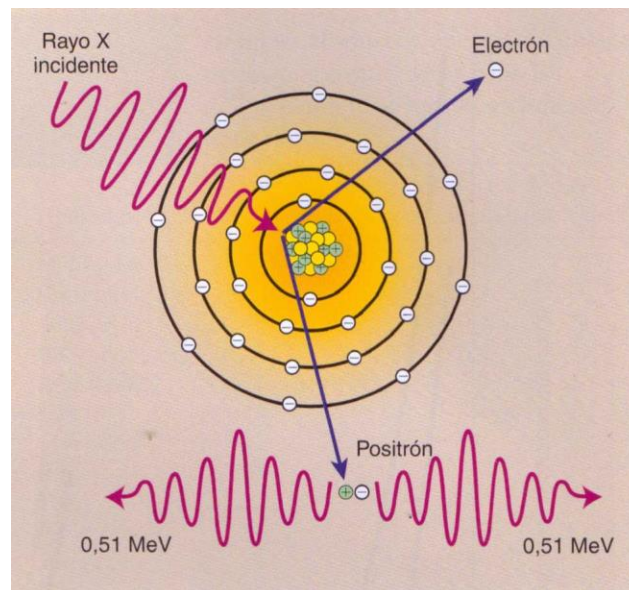


### Producción de Pares:

Si un rayo X posee suficiente energía, puede evitar la interacción con los electrones y acercarse al núcleo del átomo lo suficiente para experimentar el influjo del campo nuclear fuerte. La relación entre el rayo x junto con el campo nuclear hace que el rayo X se desvanezca, y a su vez salgan dos electrones, uno positivo y otro cargado negativo. Esta transformación se le conoce como **producción de pares**.

Este fenómeno afecta solamente a energías superiores a 1,02 MeV, no es de importancia para las imágenes, sin embargo si tienen una importancia vital para la tomografía por emisión de positrones.

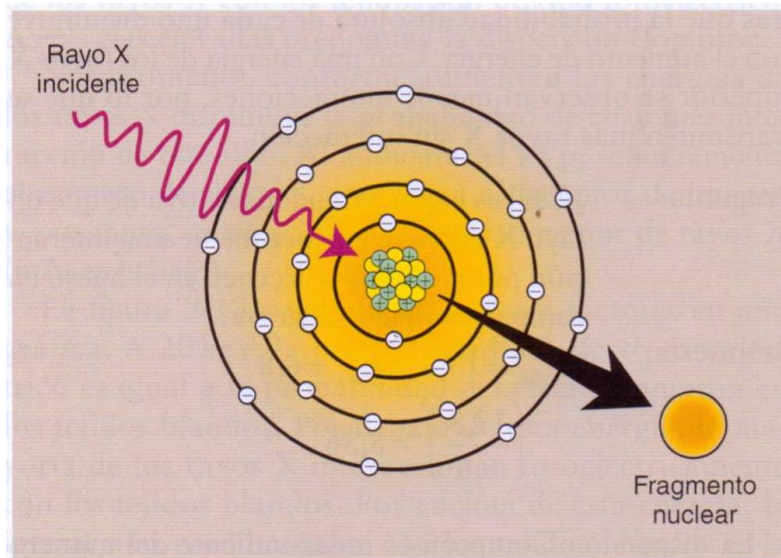
Figura 10. Producción de pares, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.



### Fotodesintegración:

Este proceso no tiene ninguna importancia en la obtención de imágenes, este fenómeno ocurre cuando un rayo X puede evitar la interacción del electrón y el campo nuclear, al no absorberse el núcleo se excita y emite un fragmento nuclear. Solamente ocurre con rayos X que tienen un poder mayor a 10 MeV

Figura 11. La fotodesintegración, el rayo X es absorbido por el núcleo y emite un fragmento nuclear, Manual de radiología paratécnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.



## 2 EL TUBO DE RAYOS X

### 2.1 Composición del tubo de Rayos X

Se encuentra dentro de una cubierta que la protege. Las partes que la componen se examinan en dos partes importantes: el cátodo y el ánodo. Los dos son electrodos y se considera un diodo. La estructura externa de un tubo se conforma de tres secciones: el sistema de soporte, la capa protectora y la cubierta de vidrio o metal. De forma interna se compone por el cátodo y el ánodo.

#### 2.1.1 Componentes externos

**Estructura de soporte:** el tubo de rayos X y su revestimiento son demasiado pesados, es por ello por lo que necesitan un mecanismo de soporte que puedan ser manipuladas fácilmente por el personal de radiología. Existen tres principales métodos:

- 1 Sistema de soporte del techo: Siendo el más usado, se basa en dos estructuras de forma perpendicular que se ubican en el techo y que nos proporciona movimientos con el tubo de forma longitudinal y transversal.
- 2 Sistema de soporte suelo con el techo: con un solo soporte de rodillos en cada extremo, uno conectado en el sistema de soporte del techo y otro más colocado en el suelo. Este tipo tiene una variante que tiene soporte de columna situada únicamente en el suelo.
- 3 Sistema de soporte de brazo en C: estos se encuentran solamente en las salas de intervencionismo, son llamados así porque tiene la forma en C.

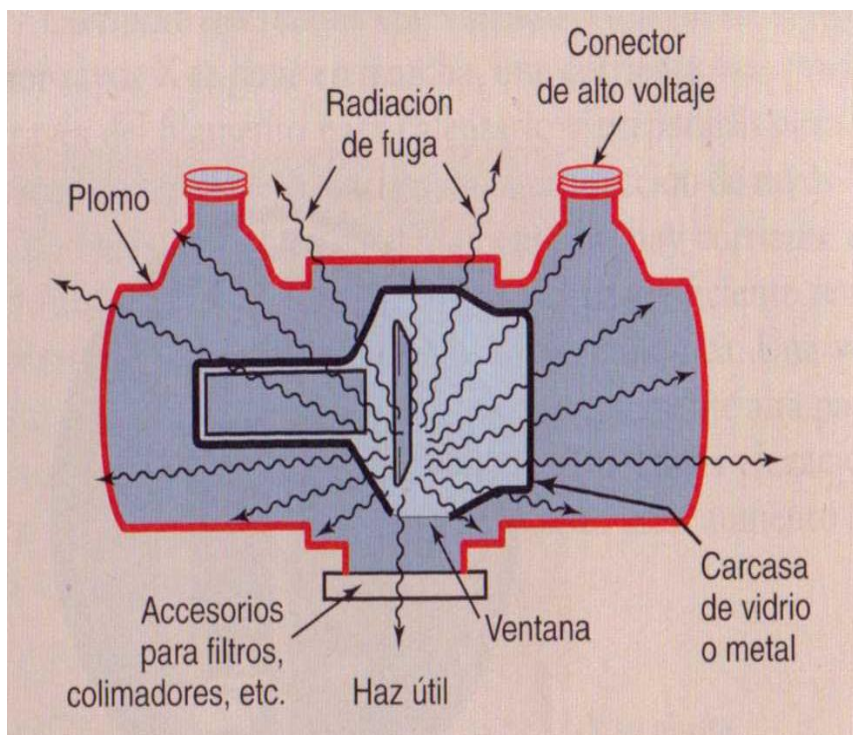
Figura 12. A, Soporte de techo. B, Soporte de suelo, C, Soporte con brazo en C. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013



**Revestimiento protector:** Al producirse los rayos X, estos se arrojan con la misma magnitud por todos lados. Sin embargo, únicamente son útiles los que se emiten por el ventanal del tubo. Los rayos X emitidos se conocen como haz útil. Un revestimiento protector con un diseño adecuado reduce el nivel de radiación de fuga cuando funciona en condiciones máximas, también lo protege de las descargas eléctricas y proporciona un soporte mecánico al tubo de rayos X y lo protege de daños por manipulación brusca. Algunos tubos cuentan con aceite en su revestimiento como protección para disipar el calor y aislarlo de las descargas eléctricas,

**Armazón de vidrio o metal:** Esta carcasa conserva el vacío dentro del tubo, este vacío logra un rendimiento mucho más eficaz y extiende la vida del tubo.

Figura 13. Revestimiento protector, reduce la intensidad de la radiación de fuga. Manual para técnicos radiólogos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013.



### 2.1.2 Componentes internos

**Cátodo:** Se conforma por 2 secciones fundamentales, una copa focalizadora y un pequeño filamento, el cátodo es la parte negativa del tubo.

El filamento es un hilo metálico enrollado, al calentarse arroja electrones, estos se fabrican generalmente de tungsteno, este provoca mayor emisión de electrones a diferencia de otros metales, también es poco probable que se funda.

La copa focalizadora es una concavidad metálica donde se alberga el filamento, está cargada negativamente su eficacia está sujeta a su dimensión y figura, su carga, la proporción y estructura del filamento, así como también de la posición del filamento.

**Ánodo:** Ahí es donde se localiza el blanco donde van a incidir los electrones que provengan del cátodo. Hay 2 clases de ánodo, uno estacionario y otro rotatorio que se usan en sistema de imagen de rayos X de odontología, portátiles y equipos en los cuales no es necesario corrientes altas. El ánodo rotatorio se usa en equipos de rayos X de uso general que requieran de una producción de haces de rayos X de alta intensidad en un tiempo breve.

Figura 14. Componentes internos del tubo de rayos X, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013

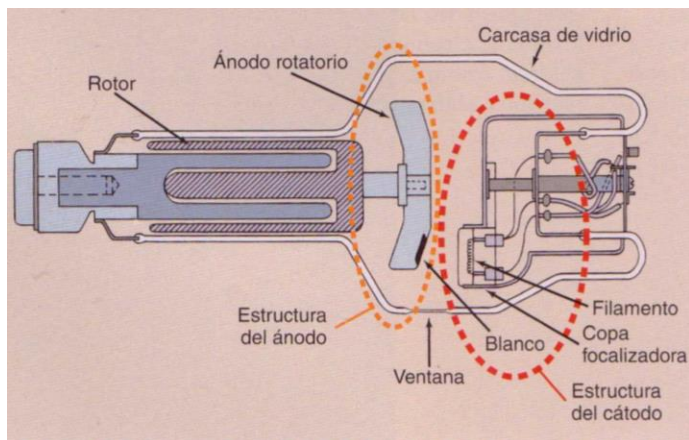
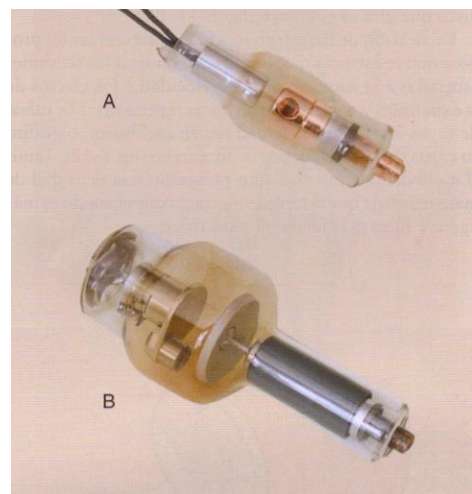


Figura 15. Tipos de tubo de rayos X. A, Ánodo estacionario. B, ánodo rotatorio, Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013



## **2.2 Producción de Rayos X**

La labor fundamental del sistema de imagen por Rayos X es dar celeridad a los electrones que se producen en el cátodo y que terminan en el ánodo dentro del tubo de rayos X, estos conforman la corriente del tubo y se denominan electrones proyectil. Cuando el electrón proyectil interacciona con los electrones orbitales producen una transmutación de energía cinética de los electrones en energía térmica. Y la energía electro magnética en forma de radiación infrarroja y rayos X.

Toda la energía cinética se transforma en calor, aproximadamente el 99% de la energía cinética de los electrones proyectil se convierte en calor.

Solo alrededor del 1% de la energía cinética se usa para producción de rayos X.

En resumen, cuando los electrones son acelerados desde el cátodo al blanco del ánodo, provoca tres efectos: producción de calor, producción de rayos X característicos y formación de rayos X de bremsstrahlung, aquí el de interés sería los rayos X de bremsstrahlung que se producen por el frenado de un electrón ante la influencia del campo nuclear del átomo blanco, y la mayoría de los rayos X de rango medico son rayos X de bremsstrahlung.

### **Emisión de rayos X**

Los rayos x se emiten a través de una abertura en la carcasa de vidrio o metal.. El haz de rayos X se identifica por el número de rayos X y la calidad que es la capacidad de la penetrabilidad del haz de rayos X

### **Cantidad de rayos X**

La potencia del haz de rayos X se cuantifica por mili gray en aire (mGy) y se denomina cantidad de rayos X o exposición a la radiación.

La cantidad de rayos X es la cifra de rayos X de haz útil.

Algunas de las causas que interfieren en la cantidad de rayos X son: el mili amperaje, el kilo voltaje, la distancia y la filtración.

## **Calidad de los rayos X**

Al incrementar la potencia del haz de rayos X se obtiene a su vez un aumento en la capacidad de penetrar los tejidos con los rayos X, a mayor energía se obtiene mayor poder de penetrabilidad, a este proceso se le denomina calidad de los rayos X.

Las causas que afecta la calidad de los rayos X se encuentra el kilo voltaje y la filtración.

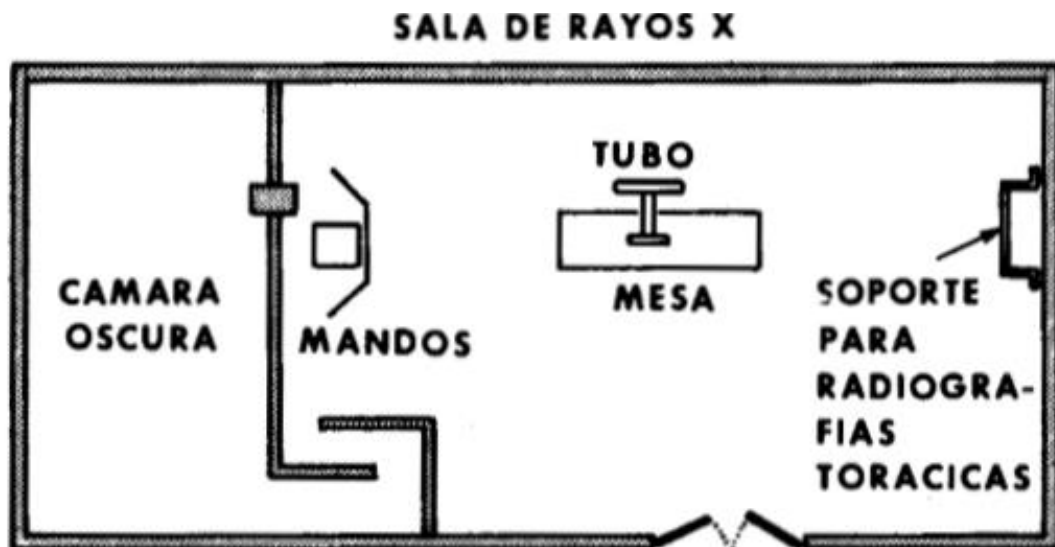
### 3 RADIOLOGIA CONVENCIONAL

#### 3.1 Equipamiento para rayos X convencional:

Cualquier sala convencional de Rayos X, debe contar con los siguientes requerimientos

1. Un tubo de rayos X
2. Consola de control
3. Generador de alta tensión
4. Chasis Radiográfico de diferentes tamaños
5. Acetatos para radiografías
6. Cuarto de revelado, cuarto oscuro
7. Equipo para protección radiológica, estos debe incluir para pacientes y el personal de radiología
8. Almacén y oficina

Figura 16. Distribución de una sala de rayos X con cuarto OSCURO. La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979, Pag 10.



### 3.1.1 TUBO DE RAYOS X

**ARMAZON PROTECTOR:** Esta carcasa está cubierta de plomo, además de ser una estructura mecánica que permite el manejo del tubo también lo protege ante una manipulación agresiva o descuidada, no permite que los rayos X escapen debido al plomo, y así se evita la exposición excesiva a los rayos X

**REVESTIMIENTO DE CRISTAL:** Está cubierta o capa está fabricada con un cristal especial que es capaz de tolerar el excesivo calor producido, debe mantener el vacío dentro del tubo, que como se explicó eso lleva a una larga vida del equipo. Es un tipo especial de tubo de vacío, los componentes del tubo se encuentran dentro de una envoltura de cristal.

**CÁTODO:** Se conforma por 2 secciones fundamentales, una copa focalizadora y un pequeño filamento, el cátodo es la parte negativa del tubo.

El filamento es un hilo metálico enrollado, elaborado de tungsteno que es un material que soporta un punto de fusión de 3410°C

La copa de enfoque es una concavidad metálica donde se alberga el filamento, ahí en un reducido blanco es donde se concentra el haz de electrones.

**ÁNODO:** Es la parte positiva de un tubo de rayos X, hay dos variedades de ánodos: estacionarios y rotatorios

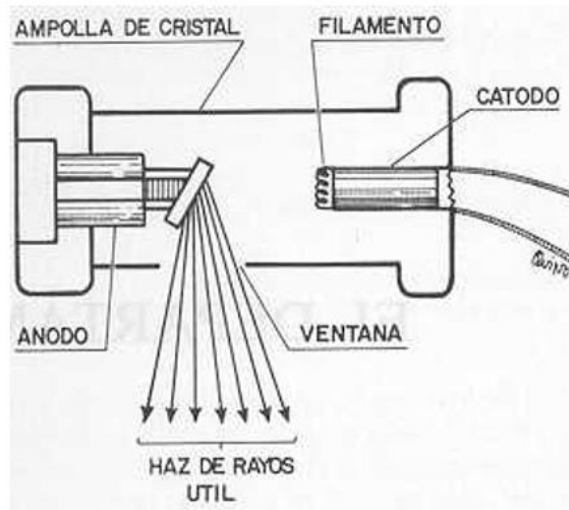
**PUNTO FOCAL:** Esta es la zona diana donde se emiten los rayos X. Este conforma el origen de la radiación.

**BLANCO:** Aquí es el área en la que chocan los electrones que se emiten desde el cátodo. En un ánodo estacionario, es pequeña placa de tungsteno que esta incrustado en un bloque de cobre. En un ánodo rotatorio, el blanco es el disco que gira.

**CONVERTIDOR DE FILAMENTO:** Esta localizado en entrada del pequeño filamento y es el encargado de transformar la tensión del voltaje que recorre el filamento

ANTIDIFUSORES: Son los encargados de eliminar la radiación dispersa.

Figura 17. Componentes del tubo de rayos X.  
X. La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979



### 3.1.2 Funcionamiento del tubo

Este está compuesto por un diodo, con una parte negativa y una parte positiva, en medio de un vacío contenido en una carcasa de cristal que mantiene perfecto el vacío,

El tubo de rayos x está compuesto por una ampolla de vidrio al vacío resistente al calor, el vacío es casi perfecto, esta consta de dos electrodos, uno negativo o Cátodo y otro positivo o Ánodo, estos a su vez se encuentran conectados por medio de cables de alta tensión a una fuente de energía de alto voltaje para la formación de rayos. Para producir los rayos X, la parte negativa que es el que contiene el filamento de tungsteno se debe calentar, y al producir este calentamiento se emiten electrones que permanecen como en una nube alrededor de tungsteno, permanecerán ahí hasta que se realice una variación de energía entre el cátodo y el ánodo, al realizarse esta variación los electrones salen disparados hacia el blanco positivo

que es el ánodo, al hacerse el choque se producen los rayos X que salen disparados directamente por el haz o ventana.

### **Panel de Control**

Esta parte del equipo es la encargada de moderar la energía entre la corriente y la presión de un tubo de rayos X, dando así la capacidad de conseguir una buena imagen en radiología

En el panel se localizan los siguientes funcionamientos:

1. Botón de encendido.
2. Botones para kilo voltaje, mili amperaje, tiempo por segundo, y la opción para ecoger foco fino y foco grueso.
3. Hay variedad de equipos, unos cuentan con un indicador de batería y otros que no cuentan con él.

#### 3.1.3 Generador de alta tensión

Es un dispositivo que permite al equipo de rayos X un buen funcionamiento para tener una buena conducción de energía, adapta las corrientes eléctricas de acuerdo a las necesidades del tubo, lo alimenta de energía estable para que le llegue la cantidad requerida sin dañar ni exceder los picos altos.

#### 3.2 Los Chasis Radiográficos

Son una caja plana que en su interior almacena el acetato y contiene también pantallas de refuerzo, estos deben ser impermeables a la luz exterior para evitar el velamiento de las películas, deben proteger del polvo y daños externos, son resistentes y rígidos, hay que tener especial cuidado en sus manejo ya que son indispensables en una sala de rayos X

Se caracteriza por tener dos caras, una es donde entra el haz de rayos x para formar la imagen y la parte anterior está cubierta de plomo y sirve de refuerzo, en sus interior contiene pantallas protectoras que no permiten que el acetato se mueva o rote, tiene un cierre perfecto

que así como protege la pantalla es de fácil manejo para cambiar los acetatos, La mayoría de los chasis convencionales están hechos de aluminio ya que son más resistentes a golpes o caídas, sin embargo hay que tener especial cuidado en sus manejo ya que cualquier daño puede perjudicar potencialmente en el resultado de una imagen de calidad.

### 3.2.1 Pantallas fluorescentes

Las pantallas fluorescentes consisten en una superficie plana, a menudo de una especie de cartón, revestido de sustancias químicas, fluorescentes cuando los rayos X inciden sobre ellas. Se usan dos pantallas, una anterior /en el lado del paciente y una posterior.

Hay diversas combinaciones químicas pero las principales son:

1. Pantallas rápidas o de alta velocidad, son pantallas que no requieren tanta luz para una exposición, pero ofrecen menos detalles porque el grano es más grueso.
2. Pantallas medianas o normales, son pantallas que ofrecen una imagen bien detallada a niveles de radiación moderados.
3. Pantallas de alta definición, es decir, pantallas lentas que ofrecen excelente detalle, con un grano muy fino, pero requiere mucha más radiación por exposición.

### 3.2.2 Tamaño de los Chasis

Estos son de diferente tamaño, ya que cada uno debe ser utilizado para cada parte del cuerpo según su tamaño, entre ellas las siguientes:

Tamaño	Área a radiografiar
8x10	Dedos, manos, pies, muñeca,
10x12	Tobillo, codo, rodilla, hombro, cervicales, cráneo
14x14	Ambas rodillas, ambas manos, cráneo, sacro,
14x17	Tórax, lumbares, dorsales, pelvis, fémur, abdomen

### 3.2.3 Las Películas Radiográficas

Este es el último lugar para contener toda la información en una radiografía, en esta ya se visualiza finalmente la imagen, se logran distinguir los diferentes tejidos que fueron expuestos y además es un documento que se puede guardar, visualizar y comparar con demás estudios.

#### Estructura de la Película

Está conformada por una cara que es perceptible a la radiación y a la luz, contiene también una emulsión en forma de gelatina que está compuesta de cristales de bromuro de plata, por lo regular estas películas son de doble emulsión ya que lo tienen en ambas caras, estos cristales de plata son los encargados de formar la imagen latente, se someten a un procesamiento químico, tiene la cualidad de poder absorber estos químicos y así lograr la imagen latente, la emulsión se encuentra depositada en una base para poder darle estructura y poder manejarlo fácilmente.

### 3.2.4 Cuarto oscuro

Tiene que estar en las mejores condiciones debido a que es el lugar en donde se procesa la imagen, existe una cantidad de características, sin embargo se deben de cumplir las principales:

- Deber tener las paredes plomadas para proteger de la radiación que provenga del exterior
- No debe tener ningún acceso a la luz del exterior, ya que esto provoca el velamiento de las películas radiográficas
- Tiene que contar con fácil acceso y que este tenga puertas de seguridad casi hermético
- En su interior debe contar con una iluminación adecuada que permita manejar los materiales, con focos rojos de seguridad que se localicen en la zona seca y otro en la zona húmeda

- Tener una limpieza impecable, debido a que se manejan químicos y material sensible a todos los factores externos, incluyendo la luz, el polvo, líquidos y aire. En el caso de los tanques con líquidos se deberá realizar cada 15 días cuidando no salpicar los materiales y equipos que se encuentren alrededor

Se divide básicamente en 2 partes, una zona húmeda que es el lugar donde se encuentran los tanques de líquido revelador y fijador así como el agua, la zona seca que es donde se manipula el chasis, para la carga y descarga de acetatos nuevos, esta zona seca debe incluir cajones herméticos donde se almacenen las distintas películas y debe localizarse enfrente de la zona húmeda para evitar salpicaduras de los químicos

### 3.2.5 Manipulación de la película expuesta

Se propone los siguientes pasos para el manejo de las películas y chasis

1. Abrir los cierres de seguridad del chasis con sumo cuidado, levantar la tapa del chasis y sacar con cuidado la película solo por las esquinas para no dañarla.
2. Tomar la película de las esquinas con ambas manos y llevarla a la máquina de revelado, esperar a que los rodillos la jalen y así asegurar que no se quede fuera
3. Una vez que se haya colocado la película en la procesadora, se debe cargar nuevamente el chasis, tomar una película nueva de la bandeja donde se almacena, igualmente solamente por las esquinas, se debe tener cuidado de tomar el tamaño correcto para el chasis,
4. Depositar con cuidado la nueva película en el chasis, cuidando no arañarla, y se procede a cerrar el chasis, en este paso se debe tener cuidado de colocarlo bien y no quede ninguna parte fuera a la hora de cerrar.

Resultado de una manejo incorrecto:

1. Rayones, arañazos y dobleces
2. Se logran ver marcada las huellas digitales, esto debido a no tomar la película solamente por las esquinas.
3. Manchas blancas y oscuras

### 3.3 Proceso de revelado fotográfico

Se someten a un proceso químico y físico, para convertirlas en una imagen visible, consta de 3 pasos: el revelador lo que hace es transformar la plata expuesta en plata metálica, después continúan por el proceso de fijado para finalmente seguir con el lavado de estos químicos. Esta parte es fundamental y es la más importante en la obtención de una imagen, ya que debe ser con tiempo medido para tener una imagen visible de calidad.

Secuencia de revelado:

Existen dos tipos de revelado, el revelado manual y el revelado automático, en ambas se usan los mismos químicos que son el revelador y el fijador. Lo que varía de estas es el tiempo y las concentraciones de cada producto.

Tabla 2. Secuencia en el revelado de una radiografía,  
fundamentos de la imagen radiográfica-Departamento de productos radiográficos  
KODAK, 1986 Madrid.

ETAPA	FINALIDAD	TIEMPO APROXIMADO	
		MANUAL	AUTOMATICO
Humectación	Los productos químicos penetra la emulsión y esta la absorbe	15 segundos	
Revelado	Se forma la imagen latente.	5 minutos	22 segundos
Baño en paro	Aquí finaliza el revelado y se hace un enjuague para eliminar los residuos químicos de la emulsión.	30 segundos	
Fijado	Se elimina los residuos plata, la gelatina se endurece.	15 minutos	22 segundos
Lavado	En este proceso se lava y elimina todos los residuos químicos del fijador y los demás que contiene la emulsión	20 minutos	20 segundos
Secado	En este se seca la película y se forma la imagen visible, es el último paso del procesado	30 minutos	26 segundos

Tabla 3. Componentes del revelador y sus funciones, GARATE ROJAS, M (1988).-  
Fundamentos de la Técnica radiológica. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona

Componente	Producto químico	Función
Revelador	Fenidona	Agente reductor, produce rápidamente tonos grises
Revelador	Hidroquina	Agente reductor, produce lentamente tonos de negro
Activador	Carbonato de Sodio	Ayuda a hinchar la gelatina, produce alcalinidad; controla el pH.
Astringente	Bromuro de Potasio	Agente antivelo: evita que los cristales no expuestos sean atacados químicamente.
Preservador	Sulfito de Sodio	Controla la oxidación: mantiene un equilibrio entre los componentes del revelador.
Endurecedor	Glutaraldehído	Controla el hinchado de la emulsión: ayuda a mejorar la calidad de archivo.
Antiespumante	Quelatos	Elimina las impurezas metálicas: estabiliza el revelador.
Disolvente	Agua	Disuelve los compuestos químicos.

El revelador tiene una duración de un año en condiciones adecuadas, una vez que se prepara y se mantiene en el tanque solo dura aproximadamente 2 semanas. Sin embargo se deben mantener con tapones herméticos que lo protejan del daño exterior. Una vez que el revelador se haya oxidado tomará un color rojizo. Se le puede añadir un preservador para que siga transparente. Para obtener la reacción química se debe tomar en cuenta la concentración del producto, la temperatura debe ser alrededor de los 20° y calcular el tiempo en que la película debe permanecer dentro del líquido.

Tabla 4. Componentes de fijador y funciones, GARATE ROJAS, M (1988).- Fundamentos de la Técnica radiológica. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona

Componente	Producto químico	Función
Activador	Ácido acético	Neutraliza el revelador y detiene su acción
Agente fijador	Tiosulfato de amonio	Elimina el bromuro de plata no utilizado de la emulsión
Endurecedor	Aluminio de potasio	Endurece y contrae la emulsión
Preservador	Sulfito de sodio	Mantiene el equilibrio químico
Potenciador	Acetato	Mantiene el pH adecuado
Antiespumante	Sales de ácido bórico	Elimina los iones de aluminio
Disolvente	Agua	Disuelve los componentes restantes

El objetivo del fijador es lograr que la imagen quede estable, haciendo que quede como un documento médico y que pueda ser archivado y manejado sin problema alguno o que se desvanezca la imagen.

### 3.3.1 Recuperación de plata

Se realiza para poder limpiar el tanque de fijador y evitar contaminar el agua, se puede recuperar de 2 formas, una es usando otros metal que sea capaz de cambiar químicamente la plata en una solución, la segunda forma es empleando 2 electrodos que permanezcan fijos dentro del tanque, el polo negativo atraerá los iones de plata y al cabo de unos meses se retira el “depósito” y se vuelve a colocar para seguir con el sistema de disociación

### 3.4 Velado fotográfico

Existen varios factores en diferentes etapas del proceso que favorecen al velamiento de las películas.

- ❖ Por envejecimiento: al no respetar o conocer la fecha de caducidad.
- ❖ Por luz: película que fue expuesta a la luz exterior o que pasó mucho tiempo expuesta a la luz roja de seguridad
- ❖ Por radiación: al ser expuesta accidentalmente a la radiación emitida desde la sala de rayos X.
- ❖ Por oxidación: al ser expuesta al aire por mucho tiempo
- ❖ Químico: Cuando se deja la película por mucho tiempo en cualquiera de los tanques, ya sea del revelador, el fijador o ambos.
- ❖ Dicroico: Ocurre cuando se mezcla accidentalmente el fijador y el revelador o no se realiza bien el baño en paro entre cada uno de los tanques.

## 3.5 REVELADO

### 3.5.1 Revelado Manual

Para el revelado manual, se necesita aproximadamente de una hora, dependiendo de cada persona o equipo se recomienda seguir los siguientes pasos

1. Primero se debe verificar que los líquidos estén en buen estado y estén a la temperatura que se requiere para procesar la imagen, debe cerrarse bien la puerta por dentro con seguro para evitar que esta sea abierta.
2. De preferencia tener un reloj marcador para medir el tiempo, así como también apagar bien las luces de iluminación y de seguridad.
3. Con cuidado se abre el chasis y se toma la película con ambas manos solamente de las orillas.
4. Se coloca la película en un soporte con el cual nos vamos a ayudar para sumergirlos al tanque revelador. Aquí se debe medir el tiempo que debe ser de 5 minutos solamente. Podemos agitar un poco mientras se va sumergiendo y así se empape bien del líquido y evitar que se formen burbujitas de aire.
5. En el tiempo que la película este sumergida se debe cargar nuevamente el chasis con una película nueva. Se debe limpiar las manos y verificar que no queden restos del fijador, agua o algún otro componente que afecte la película.
6. Pasado el tiempo se saca la película y la introducimos a otro tanque con agua durante 30 segundos. Se deja escurrir el agua y se procede a sumergir la película en el fijador.
7. Transcurrido este tiempo se pasa la película a un baño de agua corriente durante 30 minutos para limpiar cualquier residuo de los líquidos, después se deja secar, se cuelga en una zona donde no pueda salpicar ninguno de los tanques ya que podría afectar su funcionamiento.

Tabla 1. Esquema del proceso de un revelado manual.

<https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/>

Figura 18-24



Figura 25. Líquidos de una reveladora manual.

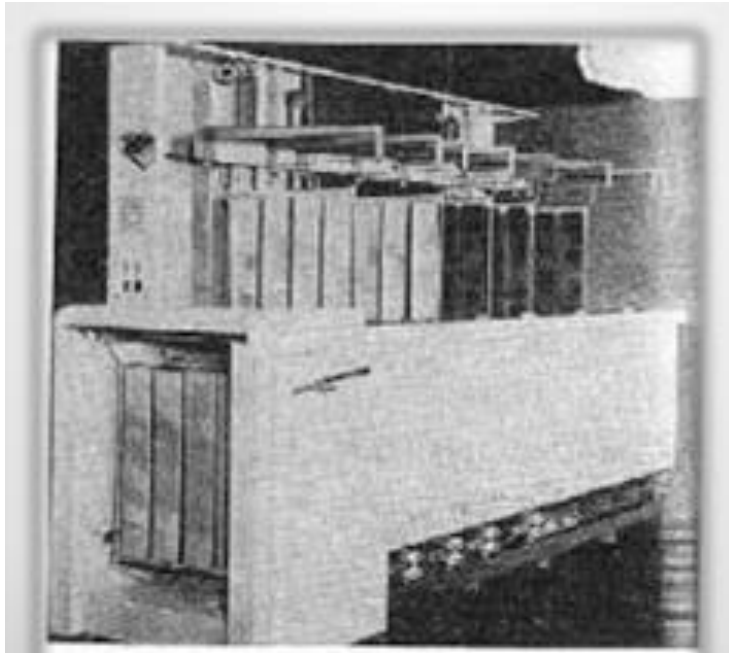
<https://prezi.com/qw6mi0nu4ekt/revelado-manual-y-automatico-de-placas-radiograficas/>



### 3.5.2 Revelado Automático

PAKO: Fue el primer modelo para un equipo de revelado automático se dio a conocer en el año de 1942, este equipo podía revelar unas 120 radiografías por hora, además de que ya no se tomaba una hora, sino 40 minutos, incluía soportes que eran especiales para las películas

Figura 26. PAKO, 1942. <https://www.slideshare.net/AnahiVentura/revelado-automatico>



KODAK: Esta compañía metió al mercado un equipo totalmente diferente a los conocidos en el año de 1956 y fue el primero con un sistema de rodillos, siendo el primer equipo en reducir drásticamente el tiempo de revelado, tomando un total de 6 minutos por radiografía, entre sus diversas cualidades tenía la de mejorar significativamente las imágenes, así como permitir al personal tener un mejor manejo en las técnicas radiográficas como el kilo voltaje y el mili Amper. Era un equipo bastante grande ya que medía 3 metros de largo y tenía un peso de más de media tonelada. Sin embargo este no fue impedimento para todas las ventajas y facilidades que brindaba. Sin duda fue el equipo que llegó a revolucionar la radiología casi como la conocemos hoy en día.

Figura 27. KODAK, 1956.

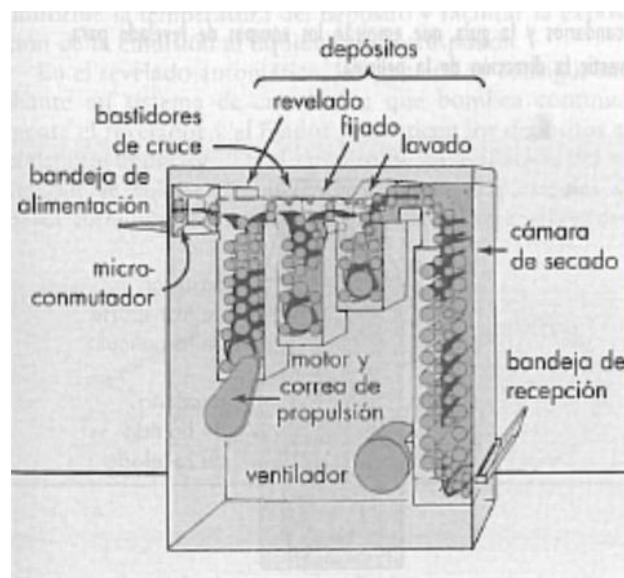
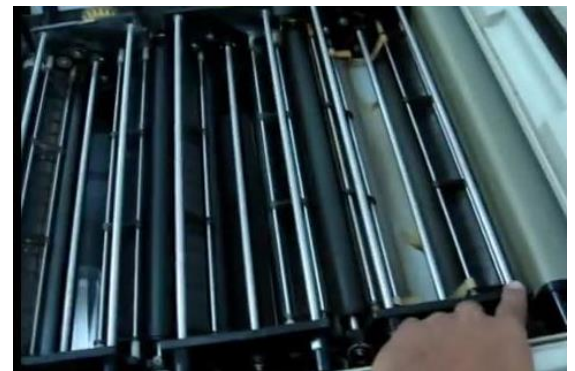
<https://www.slideshare.net/AnahiVenttura/revelado-automatiko>



Esta misma compañía desarrolló otro equipo que de la misma forma disminuyó notablemente el tiempo de revelado a 90 segundos, esto factible debido al hallazgo de nuevas materias químicas y emulsiones, así como la utilización de poliéster como base, lo cual permitía un mejor secado.

KONICA: La compañía desarrolló en 1987 el equipo que vendría a normalizar el tiempo de revelado de 20-45 segundos, ya que este equipo tenía un tiempo de revelado de 45 segundos, sin embargo esto fue debido a que utilizaba películas y sustancias químicas especiales.

Figura 28-31. Reveladora automática, sistema de rodillos.  
<http://tecnicosrx11.blogspot.com/2011/05/sala-de-rayos-x.html>



Otros tipos de revelado que se llegaron a utilizar son:

1. Revelado rápido: con un tiempo de 30 segundos, fue gracia al desarrollo de nuevos equipos que incluían un microprocesador y líquidos con fórmulas especiales.
2. Revelado extendido: Se utiliza en un revelado manual pero se duplica el tiempo que permanece la película en el líquido revelador, esto da un ventaja de mayor contraste en la imagen utilizando una dosis bastante disminuida de la radiación
3. Revelado por luz natural: prácticamente se usan dos equipos a la vez, el de revelado automático junto con el equipo de luz natural, la única ventaja es que se reduce el tiempo en que se manipula la imagen y que se pueden utilizar los diferentes tamaños que se requiera de las películas.

### 3.6 CONSECUENCIAS DEL MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS PARA EL REVELADO DE PELICULAS RADIOGRAFICAS.

Existen varios peligros a la salud debido al manejo constante, incorrecto o un cuarto oscuros sin las medidas de seguridad correctas.

Tabla 5. Riesgos y síntomas. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013

Sintomatología por “enfermedad del cuarto oscuro”	Síntomas sistémicos
Enrojecimiento de los ojos	Abrupción de la piel
Irritación en los labios	Úlceras
Escurrecimiento nasal	Zumbidos en los oídos
Resfriado	Dolor de cabeza
Sinusitis	Ronquera
Laringitis	Ascots
Infecciones en tráquea	Dolor de pecho
Bronquitis	Aumento de la fatiga
	Arritmia cardiaca
	Prostatitis
	Dolor articular
	Rigidez en diversas partes del cuerpo

La sintomatología es diferente de una persona a otra, debido a que el organismo reacciona diferente y depende de la susceptibilidad de cada uno.

## 4 RADIOLOGIA DIGITAL

En las últimas décadas se ha visto el gran cambio que ha tenido la radiología en cuanto a equipamiento, lo cual ha logrado que se obtengan mejores imágenes en un corto tiempo.

Todo este desarrollo se ha dado gracias a la experimentación en microelectrónica, ha permitido crear nuevos equipos y mejorado los sistemas continuamente, así como también se incluyen procesadores digitales lo cual ha permitido un servicio más fácil, rápido y eficiente.

A diferencia de la radiología convencional, la radiología digital no tiene limitaciones en la escala de grises ni en la resolución espacial. Existen dos tipos de radiología digital:

### 4.1 Radiología Computarizada Digital Indirecta, IR o CR

Esta primera se desarrolló por la compañía FUJI en el año 1981, es la que ha permanecido estable en más de 2 décadas, está presente en casi todos los servicios radiológicos.

No se necesita cambiar todo el equipamiento de rayos X, solamente los chasis e incluir un procesador especial con una impresora. Equipamiento:

1. Tubo de rayos X
2. Chasis especiales
3. Identificador
4. Digitalizador
5. Estación de trabajo
6. Impresora
7. Servidor.

Tubo de rayos X:

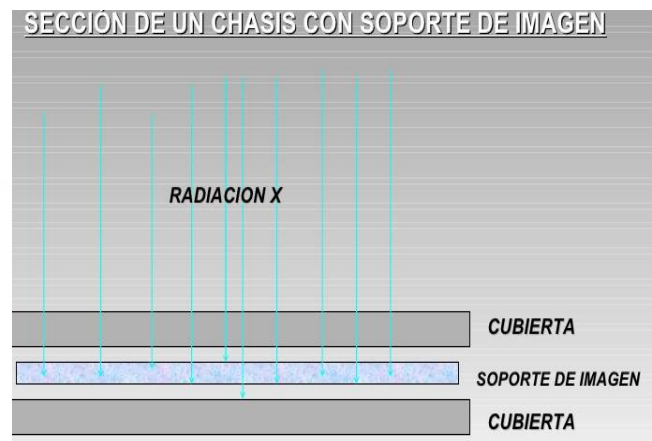
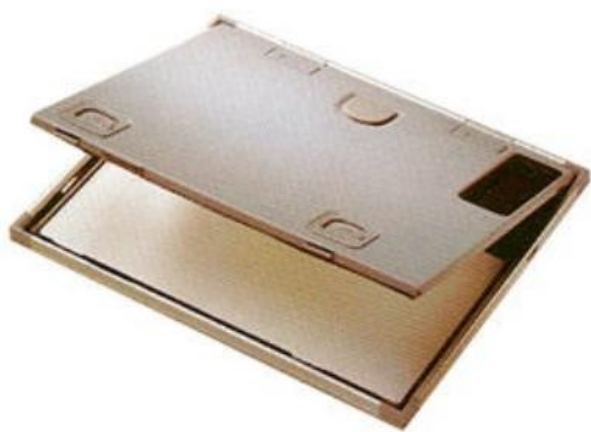
No se necesita uno especial, el convencional sirve perfectamente para este sistema digital

Chasis especiales:

Son diferentes a los convencionales ya que en su interior en lugar de tener una película radiográfica contiene una lámina radio sensible, por eso en lugar de proteger la imagen de la luz solo protegen la película contenida.

Figura 32-33. Chasis especiales.

<https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto>



Tiene placas de fosforo que al ser irradiado se desprende electrones, las cuales forman como la imagen latente, sin embargo estas deben ser procesadas para visibilizarse, incluye un código de barras para identificar cada estudio con los datos del paciente.

Identificador:

Sirve para identificar cada estudio, se le asigna un número a cada uno, debido a que el chasis tiene un código de barras.

Digitalizador:

Se introduce el chasis en el digitalizador que es la que convierte la imagen latente en visible, funciona con una luz láser roja y con rodillos que van arrastrando la película mientras la luz roja va alterando el fósforo y este libera la energía acumulada para que posteriormente la luz de fibra óptica vaya recogiendo esta información, la remite a un tubo fotomultiplicador que convierte toda esa luz en señales eléctricas, cada línea tiene puntos asignados a números que al final proporcionaran un nivel de gris diferente. Al final se realiza un barrido de luz blanca para limpiar toda la información contenida y poder utilizarla nuevamente.

Figura 34. Lectura de CR.

<https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml>

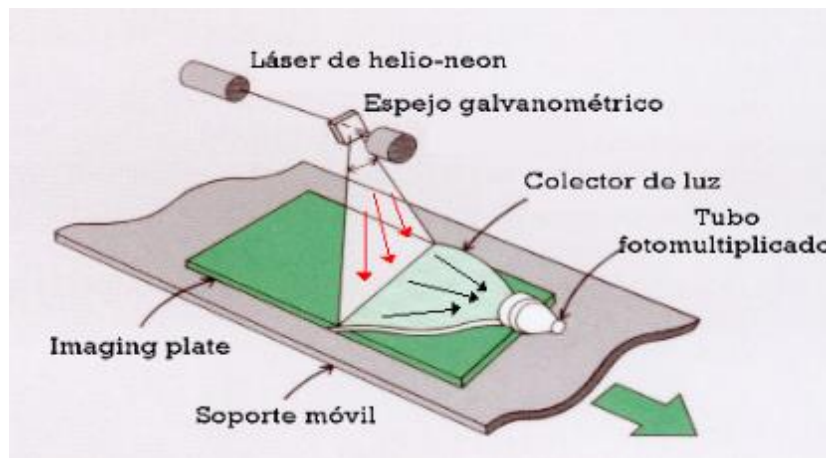


Figura 35- Secuencia de CR.

<https://www.monografias.com/trabajos105/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd/generacion-rx-caracteristicas-equipos-rd.shtml>

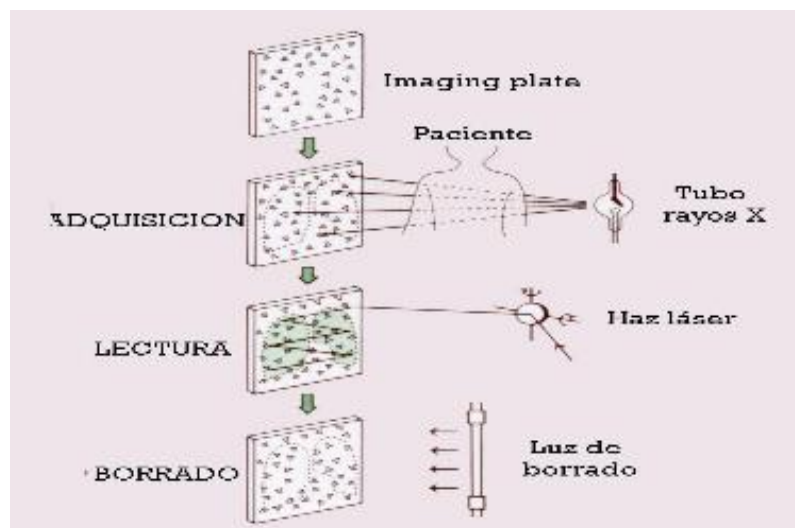
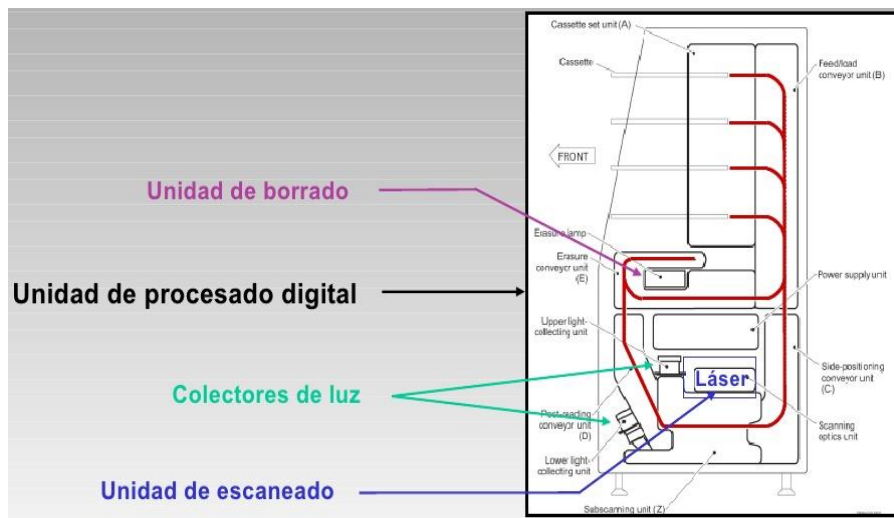


Figura 36. Funcionamiento interno del CR.

<https://es.slideshare.net/natachasb/presentacin-digital-directo-e-indirecto>



Estación de Trabajo:

Es una PC con más potencia que las normales para poder trabajar con computadoras de alta resolución, incluso varias a la vez.

Conformada de varias partes:

- Una unidad central para la RAM, discos, etc.
- Computadora u ordenador
- Sistema Operativo.
- Sistema para poder visualizar y trabajar las imágenes.

Procesadora:

En la estación de trabajo se visualiza la imagen, una vez hecha se procede a revisarla, corregirla y hacer las anotaciones necesarias para poder entregar una imagen identificada correctamente. El visualizador contiene varias funciones que facilitan y brindan la posibilidad de mejorar la imagen:

- Permite hacer anotaciones sobre la imagen, para poder marcar si es derecha, izquierda, AP o PA, etc.
- Se pueden contrastar la imagen, aumentar el brillo y densidad.
- Rotar la imagen, invertirla y el zoom y seguir colimando aún más la imagen para mostrar solamente la parte que se requiera.
- Función de imprimir o archivar la imagen.
- Se tiene la función de poder visualizar o corregir la información de la imagen y del paciente.

Impresora:

Fundamentales para la obtención de la imagen en físico, el más utilizado para radiología son las impresoras en seco usando unos rayos laser de alta resolución.

Un Servidor:

Este permite que se pueda almacenar toda la información de los estudios, pacientes, y archivar las imágenes en formato digital.

## 4.2 Radiología Digital Directa (DR)

Hay dos sistemas con tecnología que se diferencia uno del otro: los sistemas basados en sensores de Dispositivo de Carga Acoplada y los sistemas basados en detectores de panel plano (FPD: Flat Panel Detector).

En Radiología directa no se emplea chasis ni digitalizador, sin embargo tiene un sistema totalmente diferente y más simplificado en cuanto a funcionamiento.

Sistemas de sensores (CCD):

El sensor CCD es un circuito integrado que tiene en una cara una matriz de elementos sensibles a la luz visible. Usa el mismo mecanismo que el de fosforo foto estimulable, sin embargo esta contiene sensores que almacenan los electrones. La lectura se da cuando se liberan estos electrones y se convierten en un valor digital que permite obtener una imagen de muy alta calidad.

Sistemas de detectores de panel plano (FPD):

Conocidos como flat panel, cuando el detector recibe la radiación produce una cadena de información numérica que se envía al ordenador del equipo, de esta forma se obtiene una imagen en formato digital en cuestión de segundos sin tener que manipular ningún chasis ni digitalizador.

Existen dos sistemas: los sistemas de panel plano de detección indirecta y los sistemas de panel plano de detección directa. Los de detección indirecta convierten los fotones de rayos X en fotones de luz visible y estos los transforman en carga eléctrica que es lo que la matriz activa convertirá en un número en el transcurso de descarga. Los de detección directa transforman directamente los fotones de rayos X en carga eléctrica, el resto es muy similar a los de detección indirecta.

## 5 CALIDAD DE IMAGEN

La calidad de la imagen radiográfica es la fidelidad con la que se muestra la anatomía en una radiografía. Las características en la calidad de una imagen son:

### 5.1 Resolución espacial

Es la cualidad de poder distinguir una estructura anatómica de otra así como de diferenciar cada una por su nivel de contraste.

### 5.2 Resolución en contraste

Cuando dos estructuras tienen contraste similar y aun así poder distinguirlas.

### 5.3 Ruido

Se refiere a la nitidez con que se muestre la imagen, los factores que intervienen en ella son la radiación dispersa y la densidad de la estructura, se puede manejar fácilmente ya que entre mayor cantidad de rayos X más reducido estará el ruido en la imagen.

### 5.4 Velocidad

Influye en la resolución y el ruido de la imagen.

## 6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIOLOGIA CONVENCIONAL

La radiología convencional tiene diversas ventajas y son las siguientes:

Tabla 6. Ventajas y desventajas de la radiología convencional.  
La Radiología y la atención primaria, P.E.S. Palmer, 1979, Pag 10.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Menor costo de adquisición	Mayor error al aplicar la dosis de radiación, por lo tanto mayor radiación ionizante
Se realiza con aparatos más económicos y simples	Se obtiene imágenes bidimensionales de imágenes tridimensionales
Fácil acceso a este servicio para toda la población	Genera sustancia que contribuyen a la contaminación ambiental
Buena calidad de la imagen	Mayor probabilidad de repetir los estudios
	Mayor tiempo de procesado
	Los acetatos ocupan espacio y al archivarlos llegan a ser estorbosas

## 7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIOLOGIA DIGITAL

La radiología digital ha ido reemplazando la radiología convencional gracias a sus diversas ventajas:

Tabla 7. Ventajas y desventajas de la radiología digital. Manual de radiología para técnicos, Stewart C. Bushong, décima edición, 2013

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Corto tiempo de adquisición, lo que ofrece una mayor cantidad de estudios realizados en corto tiempo	Mayor costo, ya que la mayoría de los equipos son importados
Se utilizan menos factores de exposición y así se disminuye la radiación dispersa	Se necesitan equipos más sofisticados
Buena calidad de la imagen, por lo tanto existe una alta resolución espacial y no hay distorsión	Se necesita mayor capacidad en el almacenamiento de la información
Ahorro en radiografías, equipo de revelado y reveladores, lo cual disminuye el espacio de instalación de los equipos y también se disminuye la cantidad de material contaminante desechada	La facilidad con que las imágenes pueden ser modificadas, provoca uso ilícito de las mismas
Fácil interconsulta entre los profesionales	Los cables pueden dificultar la manipulación, aunque actualmente ya se utilizan cables más finos y flexibles
Mejor procesamiento y manipulación de la imagen en la computadora	Problemas con el hardware, discos duros y tarjetas de los equipos como la impresora, CR y el generador
Almacenamiento de las imágenes en CD	
Facilidad de impresión de las imágenes	

A pesar de las desventajas mencionadas por parte de los equipos digitales, son menores que sus ventajas, ya que la radiología digital ha ido mejorando la mayor parte del trabajo pesado de los convencionales, en menor tiempo se obtiene una buena imagen, se reduce la radiación dispersa y ofrece mayor practicidad a la hora de tomar y procesar la imagen.

Por ello es por lo que ha ido reemplazando los equipos convencionales de la mayoría de los hospitales, es raro encontrar equipos convencionales por la dificultad y sobre todo mayor desventajas frente a la radiología digital.

La implementación de sistemas de adquisición digital ha estado acompañada de un cambio en el flujo de trabajo, ya que al procesar imágenes en formato digital estas se pueden transferir inmediatamente entre las diversas áreas.

No solamente modifica el modo del procesado, sino también en la manera de visualizar y diagnosticar las imágenes de rayos X

Pocas áreas de la medicina han tenido una evolución significativa como lo ha hecho la radiología, y, a decir verdad, estará mejorando más con el paso de los años.

Obteniendo así un gran avance médico y sobre todo tecnológico.

## 8 CONCLUSIONES

La radiología digital es un hecho incontrovertible, cuyos beneficios para el paciente y para el POE (Personal Ocupacionalmente Expuesto) marcan un antes y un después en la tecnología médica. Que a pesar de los retos y posibles dificultades que se pudiera generar, este sistema terminará imponiéndose sin lugar a duda debido a sus grandes ventajas como: accesibilidad, seguridad, almacenamiento y economía. Los buenos resultados que ha ofrecido en los hospitales y clínicas han sido debido al mejor y fácil acceso de un servicio de radiología, con buenas imágenes diagnósticas y sobre todo en la implementación de más estudios gracias al desarrollo de mejores equipos, que gracias a ellos se obtienen en tiempo relativamente cortos, permitiendo así reducir la demora en el tratamiento del paciente, tomando en cuenta que estas imágenes digitales se pueden almacenar en discos e incluso referirlos al monitor de su médico, si la preocupación de un posible extravió

También desde una perspectiva ecológica, el uso de equipos sin el uso de sustancias químicas que contaminan el medio ambiente y afectan gravemente la salud debido a su toxicidad.

Es imprescindible capacitar al personal de forma periódica para estar a la altura de los nuevos equipos incorporados al área de trabajo. Así como para tener un buen manejo de los equipos y tengan mayor aprovechamiento y durabilidad, para beneficio del personal, de la empresa y sobre todo de los pacientes atendidos.

Sin embargo, así como se desarrollan los equipos, se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Formar y capacitar continuamente al personal que labora
- Mantener dosis adecuadas en los pacientes
- Tener que actualizar los programas que permitan una mejor calidad tanto en imagen como atención al paciente.
- Tener control de dosis de radiación para el personal ocupacionalmente expuesto.

Por todo lo anterior la radiología digital tiene un futuro seguro, sin embargo se requiere de actualización constante tanto práctica como teórica para poder impulsar la practica radiológica a un mejor nivel.

## 9 BIBLIOGRAFIA

Alcocer AA. (1985). Negatoscopio. Datos para la historia de la radiología mexicana, 1(5), 8-11.

De Alba, Q. F., Casian, C. G. A. y De alba, G. C. A. (2010). Escribiendo la historia de la radiología en México. Las primeras radiografías. Revista Hospital Juárez México, 84(2), 114-118

Díaz F.W.C. (1996) Roentgen y sus dos fracasos universitarios antes del descubrimiento de los Rayos X. Revista chilena radiológica, 2(1)

Fundamentos de Física Médica, Bases físicas, equipos y control de calidad en Radiodiagnóstico, Sociedad Española de Física Médica. Volumen 2

Fundamentos de la imagen radiográfica, Departamento de productos radiográficos KODAK, 1986 Madrid.

GARATE ROJAS, M (1988). Fundamentos de la Técnica radiológica. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona

*García D., García B. C. (2005) ANNA BERTHA ROENTGEN (1833-1919): LA MUJER DETRAS DEL HOMBRE, Revista Chilena de Radiología. Vol. 11 N° 4,179-181*

Guía tecnológica No. 12, GMDN 40988. CENETEC, SALUD, 2005, MEXICO

Guía reguladora de Seguridad Radiológica para la Práctica de Radiodiagnóstico Médico. ARCAL, OIEA 2000

<http://www.nobelprize.org/>

Kraft E, Finby N. (OCTUBRE 1974), WilhelmConrad Roentgen (1845-1923). Descubridor de rayos X. N Y Estado J Med. (11):2066-70

KODAK Imágenes para la Salud. [www.kodak.com.ar](http://www.kodak.com.ar)

*M. Marcelo Gálvez, (2013) Algunos hitos históricos en el desarrollo del diagnóstico médico por imágenes. Revista Médica Clínica Las Condes 24(1)*

Marti-Bonmati, L. (2002). Necesidades de los sistemas de información de radiología, Conclusiones del primer simposium de imagen digital en radiología y su entorno en el IX Congreso de Informática Médica

(Marzo de 2004). Sociedad Española de Informática de la Salud. Publicación “Informática y Salud”, Sumario N° (45), Capitulo N° 33.

Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002, Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para el equipo y la protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

Nom-012-STPS-1999 Condiciones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo.

Nom-031-NUCL-1997 Requerimientos para la calificación de Personal Ocupacionalmente Expuesto en instalaciones radiactivas

PLAZA, Jesús M<sup>a</sup>. (1986). Fundamentos de la Imagen Radiográfica - Departamento de Productos Radiográficos KODAK. Madrid.

P.E.S. Palmer. (1979) La Radiología y la atención primaria.

Quirós O., Quirós J. Radiología digital Ventajas, desventajas, implicaciones éticas

Stewart C. Bushong. (2013) Manual de radiología para técnicos. Editorial Elsevier, España 2013. (Décima edición).

Torre JM. (1984). Historia de la medicina potosina. Cuatro fases de su trayectoria. Boletín informativo de la Escuela de Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 27(4), 67-107

Zafra A. (1897). Algunas aplicaciones de los rayos X a la cirugía y la medicina. Escuela Nacional de Medicina de México: México.