

II taller nacional científico metodológico de profesores de la educación médica
Policlínico Docente Cristóbal Labra | Del 9 al 30 de septiembre 2024



CENCOMED (Actas del Congreso),educienciapdc12024, (septiembre 2024) ISSN 2415-0282

Equipo de Rayos X convencional y sus averías más frecuentes

Conventional X-ray equipment and its most frequent breakdowns

Lic. Cira Valdés Rojas¹ <https://orcid.org/0000-0001-5971-2297>

Lic. Lidia Rosa Guerra Pérez² <https://orcid.org/0000-0001-6860-604X>

MsC. Yudit Alfonso Marín³ <https://orcid.org/0009-0005-3177-6439>

Dr. Roberto Vergel Llerena⁴ <https://orcid.org/0009-0004-4948-7259>

Lic. Tamara López Betharte⁵ <https://orcid.org/0009-0008-4010-2489>

Andrés Jesús Luna Alfonso⁶ <https://orcid.org/0009-0006-3020-3193>

¹Licenciada en Electromedicina. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. Profesor Instructor. ciravaldes@infomed.sld.cu

²Licenciada en Psicología. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. Profesor Asistente. lidyarosa@infomed.sld.cu

³Licenciada en Enfermería. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. Profesor Auxiliar. yuditalfonsomarin@gmail.com

⁴Doctor en Medicina. Especialista de 1er Grado en Medicina Natural y Tradicional. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. Profesor Instructor. robertovergel97@nauta.cu

⁵Licenciada en Enfermería. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. Profesor Instructor. lopeztamara1966@gmail.com

⁶Estudiante de 1er año de Medicina. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Faustino Pérez Hernández”. Universidad de Ciencias Médicas Sancti Spíritus, Cuba. idappleandres2020@gmail.com

I RESUMEN

Introducción: Los rayos X (Rx) son una radiación electromagnética. El descubrimiento de los Rx fue en Alemania por Roentgen, muy pronto se captó y aplicó por la medicina cubana. **Objetivo:** Describir el equipo de rayos X convencional y sus averías más frecuentes. **Método:** El estudio constituye una revisión actualizada de la literatura científica respecto a los elementos principales del equipo de rayos X convencional y sus averías más frecuentes. **Resultados:** Los rayos X son generados en un dispositivo conocido como tubo de rayos X. En este tubo los electrones son acelerados y posteriormente frenados bruscamente, de manera que con este procedimiento se consigue obtener los fotones que constituyen la

radiación ionizante utilizada como radiodiagnóstico. La calidad de la imagen radiológica depende del tamaño de la fuente de radiación y de las distancias de los objetos con respecto a esta fuente de radiación. En caso que el órgano de interés tenga una densidad óptica similar al ambiente es posible, en algunos casos, introducir medios de contraste. Los rayos X tienen algunos efectos biológicos. Cuando se presentan averías en los equipos de rayos X se pueden provocar un deterioro en la calidad de la imagen final o un incremento en la dosis de radiación que recibe el paciente. **Conclusiones:** Los equipos de rayos X resultan de gran importancia para la medicina; en los diferentes niveles de salud la imagen radiológica permite una adecuada valoración del paciente que acude a recibir los servicios médicos.

Palabras Claves: Equipo de rayos X; averías.

I ABSTRACT

Introduction: X-rays (Rx) are electromagnetic radiation. The discovery of Rx was in Germany by Roentgen, it was soon captured and applied by Cuban medicine. **Objective:** Describe conventional X-ray equipment and its most frequent breakdowns. **Method:** The study constitutes an updated review of the scientific literature regarding the main elements of conventional X-ray equipment and its most frequent breakdowns. **Results:** X-rays are generated in a device known as an The quality of the radiological image depends on the size of the radiation source and the distances of the objects with respect to this radiation source. If the organ of interest has an optical density similar to the environment, it is possible, in some cases, to introduce contrast media. X-rays have some biological effects. When breakdowns occur in X-ray equipment, they can cause a deterioration in the quality of the final image or an increase in the radiation dose received by the patient. **Conclusions:** X-ray equipment is of great importance for medicine; at different levels of health, the radiological image allows an adequate assessment of the patient who comes to receive medical services.

Key Words: X-ray equipment; breakdowns.

II INTRODUCCIÓN

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones) ⁽¹⁾.

El físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen descubrió los rayos X en 1895, mientras experimentaba con los tubos de Hittorff-Crookes y la bobina de Ruhmkorff para investigar la fluorescencia violeta que producían

los rayos catódicos. Tras cubrir el tubo con un cartón negro para eliminar la luz visible, observó un débil resplandor amarillo-verdoso proveniente de una pantalla con una capa de platino-cianuro de bario, que desaparecía al apagar el tubo. Determinó que los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible, que atravesaba grandes espesores de papel e incluso metales poco densos. Usó placas fotográficas para demostrar que los objetos eran más o menos transparentes a los rayos X dependiendo de su espesor y realizó la primera radiografía humana, usando la mano de su mujer. Los llamó "rayos incógnita", o "rayos X" porque no sabía qué eran, solo que eran generados por los rayos catódicos al chocar contra ciertos materiales. Pese a los descubrimientos posteriores sobre la naturaleza del fenómeno, se decidió que conservaran ese nombre ⁽²⁾. En Europa Central y Europa del Este, los rayos se llaman rayos Röntgen (en alemán: Röntgenstrahlen).

La noticia del descubrimiento de los rayos X se divulgó con mucha rapidez en el mundo. Röntgen fue objeto de múltiples reconocimientos: el emperador Guillermo II de Alemania le concedió la Orden de la Corona y fue premiado con la Medalla Rumford de la Real Sociedad de Londres en 1896, con la medalla Barnard de la Universidad de Columbia y con el premio Nobel de Física en 1901.

De esta manera el 8 de noviembre de 1895, marcó el comienzo de una nueva era en la historia de la Medicina ⁽³⁾. El equipo de RX resulta vital para el diagnóstico del paciente.

Hasta entonces el médico no podía valerse de la vista en la exploración de los órganos internos; y Roentgen, profesor de Física de la Universidad de Wurzburg, realizó el maravilloso descubrimiento de los Rx, los cuales hicieron posible la exploración del interior del organismo humano.

El descubrimiento de los Rx en Alemania por Roentgen fue muy pronto captado y aplicado por la medicina cubana. Fueron pioneros del uso y progresiva aplicación de los Rx en el país, el Dr. Carlos Desvernine, quien trajo a Cuba la primera máquina productora de Rx, y el Dr. Emilio Alamilla, profesor de Física y Química del Instituto de La Habana. El Dr. Francisco Domínguez Roldán debe considerarse el primer maestro de la Radiología y Fisioterapia en Cuba, a él se debe un sobresaliente impulso a estas ciencias a principios del pasado siglo, pues fue el creador de departamentos de Radiología.

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo describir el equipo de Rayos X convencional y sus averías más frecuentes.

III MÉTODOS

Este estudio constituye una revisión actualizada de la literatura científica respecto a los elementos principales del equipo de rayos X convencional y sus averías más frecuentes.

La estrategia de búsqueda se realizó a través de Google Scholar, la Academia Educación, Scielo ERIC y la Biblioteca Virtual de Salud en Cuba, lo que nos propició información de varias revistas científicas.

IV RESULTADOS

El Equipos de Rayos X se trata de un dispositivo que consta de una ampolla de cristal donde se hecho vacío, conteniendo además, dos electrodos sometidos a una alta diferencia de potencial (del orden de los kilovolts) llamados ánodo y cátodo ⁽¹⁾.

Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética (EM) de alta energía. La radiación de rayos X tiene longitudes de ondas mucho más cortas que la luz visible, por lo que los fotones de **rayos X** tienen mucha mayor **energía** que los fotones de luz ⁽⁴⁾.

Al referirse a los fundamentos físicos de los rayos X, ha de plantearse que el espectro electromagnético es el conjunto de todas las posibles ondas electromagnéticas, desde la mayor frecuencia como las radiaciones gamma o rayos X, hasta las de menor frecuencia, como las ondas de radio o las microondas. El espectro electromagnético muestra la distribución energética de las diferentes ondas electromagnéticas, y proporciona mucha información de las propiedades físicas de un objeto. La diferencia entre los distintos tipos de radiación se determina mediante tres parámetros: la longitud de onda, la frecuencia y la energía. Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y una alta energía; las ondas de baja frecuencia tienen una longitud de onda larga y baja energía ⁽¹⁾.

Los rayos x corresponden a radiación con una energía menor que los rayos gamma, pero una energía superior que los rayos ultravioletados. Se caracterizan por presentar una longitud de onda comprendida entre 10 nanómetros i 100 picómetros, que corresponde a una energía del orden de 1 a 100 kiloelectronvolts ⁽¹⁾.

Con relación a la producción de rayos X, ha de señalarse que los rayos X son generados en un dispositivo conocido como tubo de rayos X. En este tubo los electrones son acelerados y posteriormente frenados bruscamente, de manera que con este procedimiento se consigue obtener los fotones que constituyen la radiación ionizante utilizada en radiodiagnóstico. El tubo de rayos X consta de un filamento metálico, el cátodo, que al ponerse incandescente produce una nube de electrones a su alrededor. Una elevada diferencia de potencial (kV) entre los extremos del tubo (ánodo y cátodo), genera una corriente de electrones hacia el ánodo donde son frenados liberando una enorme cantidad de energía cinética como fotones ⁽³⁾.

Es imprescindible la situación de vacío en el interior del tubo, para facilitar el desplazamiento de los electrones en línea recta y evitar la pérdida de estas partículas subatómicas debido a la interferencia con otros elementos. Las características del haz de rayos X generados se regula mediante la diferencia de potencial aplicada entre ánodo y cátodo (a mayor valor, mayor capacidad de penetración en el tejido), el filtro y el diafragma utilizado ⁽³⁾.

El haz de rayos X producido sale en dirección mostrada en la figura atravesando una parte del tubo de rayos X, donde el cristal se caracteriza por tener un espesor del vidrio menor que el resto, zona denominada ventana de rayos X. Rodeando esta estructura se encuentra una carcasa de plomo y acero, con el fin de evitar que los rayos X se dispersen. Además es necesario un sistema de refrigeración en el ánodo, con el fin de disipar el calor producido del choque de electrones acelerados contra el blanco del ánodo, de toda la energía empleada en la producción de rayos X, el 99% se convertirá en calor y sólo el 1% en rayos X ⁽⁴⁾.

Desde la invención del tubo de rayos X en el año 1913 prácticamente ha permanecido sin modificaciones. La incorporación más importante es el del ánodo giratorio frente al ánodo fijo tradicional, incrementando significativamente la vida útil del tubo de rayos X, gracias a una mayor capacidad para disipar el calor producido en el interior del tubo. Actualmente, todos los tubos de rayos X empleados son de ánodo giratorio ⁽³⁾.

El cátodo o filamento suele ser una pequeña bobina o muelle de wolframio, material elegido por sus buenas propiedades desde el punto de vista de emisión termoiónica, y punto de fusión elevado, alargando significativamente la vida útil del tubo de rayos X ⁽³⁾.

Los electrones obtenidos por efecto termoiónico en el cátodo forman parte de la nube electrónica, son acelerados para chocar con la placa metálica del ánodo. Cuando el electrón, pasa próximo del ánodo de wolframio es atraído por las cargas positivas, produciendo una atracción electrostática disminuyendo su velocidad. La energía cinética perdida por el electrón se puede emitir en forma de fotón de rayos X, si el frenado del electrón es completo el 100% de su energía cinética dará lugar a radiación X y si el electrón no varía su trayectoria no se producirá ninguna emisión de rayos X. Por consiguiente los fotones emitidos pueden tener una energía muy variable, en función de las interacciones del haz de electrones con el ánodo ⁽³⁾.

Cuanta mayor incandescencia se produzca en el cátodo o filamento de tubo, mayor será el número de electrones que saltarán de las últimas capas electrónicas del átomo de Wolframio y mayor será el número de electrones acelerados. El Wolframio, es también normalmente el material empleado para fabricar el ánodo. En el caso de los tubos de mamografía el material utilizado es el Molibdeno o Rodio Paladio ⁽¹⁾.

Al mencionar las características técnicas del tubo de rayos X ha de tenerse en cuenta que es alimentado por un generador de alto voltaje estabilizado. El potencial aplicado entre el filamento y el bloque de metal, junto a la intensidad de electrones que saltan del filamento, determinan las características de la distribución de rayos X del haz directo. El voltaje suele variar entre los 10 kV y los 100 kV, mientras que la intensidad puede variar entre 10 y 50 mA, para fuentes convencionales de rayos X. De esta manera, la potencia utilizada en una fuente convencional es de varios kilowatios ⁽⁴⁾.

Cuando un haz de rayos X atraviesa la materia, pierde intensidad debido a la combinación de diferentes efectos. El número de fotones N del haz resultante puede obtenerse a partir del número de fotones del haz incidente sobre un espesor x de materia, mediante la ley general de atenuación:

Donde μ es el coeficiente lineal de atenuación, que depende de la energía del haz y del medio. Puesto que μ presenta valores diferentes para los distintos tejidos (La atenuación en el hueso es mayor que en el musculo), determina el contraste entre diferentes zonas de la imagen resultante. El haz resultante puede ser finalmente visualizado mediante pantallas radioscópicas o películas radiográficas, que generen una imagen en negativo en la cual los tejidos que producen una mayor atenuación (hueso) se visualizan en blanco y los de menor atenuación (pulmones) en negro, con diferentes tonos de grises para los casos intermedios ⁽⁴⁾.

En la imagen radiológica la radiación se propaga normalmente en línea recta y produce zonas de sombras más o menos densas, dependiendo de la opacidad de las distintas partes del cuerpo que se interpongan al paso del haz. La calidad de la imagen depende del tamaño de la fuente de radiación y de las distancias de los objetos con respecto a esta fuente de radiación. En caso que el órgano de interés tenga una densidad óptica similar al ambiente, es posible, en algunos casos, introducir “medios de contraste “o sustancias opacificadoras, como sucede en el caso de la ingestión de soluciones de bario para hacer resaltar el tracto gastrointestinal. Adicionalmente, se puede efectuar el proceso inverso para hacer que un órgano aparezca más transparente, al insuflarse con gas ligero ^(4, 5).

Existen varios tipos de mesas radiográficas, dependiendo del equipo de rayos X con el que se utilizan. Las mismas pueden ser fijas o basculantes y deben tener un espesor uniforme en la cubierta, que por lo general es de fibra de carbono, siendo lo suficientemente fuertes para sostener el paciente, incluso de peso elevado,

y siendo radiotransparentes de forma tal que permita a los rayos X atravesar fácilmente el material de la mesa e impresionar la película radiográfica sin ningún problema ⁽⁴⁾.

Debajo de la mesa se encuentra una abertura, donde se encuentra una bandeja “bucky” portachasis, cuya función es sujetar el chasis o cassette, que contiene la película radiográfica y una rejilla antidifusora. Este “bucky” corre sobre rieles para poder desplazar el chasis de un lugar a otro ⁽⁴⁾.

La rejilla antidifusora tiene la función de controlar y reducir la cantidad de radiación dispersa del haz remanente, ya que la radiación dispersa tiene menos energía que la del haz primario. Así pues, los rayos X que emergen del paciente y colisionan con el material radiopaco de la rejilla son absorbidos y no alcanzan la película ^(4, 5).

Han de tenerse en cuenta, además, los efectos biológicos de los rayos X. Los rayos X actúan sobre los tejidos vivos y tienen tres efectos principales: ⁽⁵⁾.

1. Inhiben el crecimiento.
2. Destruyen el tejido epitelial.
3. Producen inflamaciones.

Basado en estos efectos los rayos X se utilizan para el tratamiento de ciertas afecciones, tratamiento que tiene por objetivo dañar las células enfermas en la mayor proporción posible con respecto a las sanas ^(3, 5).

La radioterapia convencional suele utilizar un kilovoltage comprendido entre los 150 kV y 300 kV. La radiación que atraviesa completamente el tejido no causa problemas biológicos, sólo tiene efecto biológico la radiación absorbida total o parcialmente ^(3, 4).

Los diferentes tejidos no responden igual ante la actividad de los rayos X, si no que depende de la naturaleza del tejido y de su función. Algunos de los tejidos más sensibles a la radiación son el tejido linfático, la médula ósea, el timo, los ovarios y testículos y el tejido nervioso ⁽⁵⁾.

El haz emerge del tubo uniforme, interacciona con los tejidos del paciente al atravesarlo y de esa interacción surge la información sobre las estructuras atravesadas, que se traducirá en una imagen al incidir sobre la película o sobre otro receptor alternativo. Los procesos relevantes desde el punto de vista de la formación de la imagen radiológica son: el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton ⁽⁴⁾.

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por el material donde ha incidido sobre él, la radiación electromagnética, si la energía del electrón expulsado es muy grande, puede a su vez formar electrones secundarios o ser absorbido por estructuras circundantes ⁽⁶⁾.

El efecto Compton consiste en la modificación, en la dirección y en la longitud de onda de un fotón cuando choca contra un electrón del átomo del objeto, sediento parte de su energía cinética en desplazar al electrón de su órbita y confiriéndole una cierta energía cinética. El efecto Compton aumenta al aumentar la Energía y depende de la densidad del medio absorbente ^(5, 6).

El equipo de Radiografía Convencional obtiene una imagen analógica en escala de grises. La energía que utiliza el tubo de Rayos-X para la producción de radiación-X es suministrada por un circuito eléctrico o transformador de filamento. El circuito que conecta el tubo de Rayos-X a la fuente de energía eléctrica, (en la sala de Rayos-X) se denomina generador. El mismo proporciona la capacidad para ajustar determinadas magnitudes eléctricas que controlan la producción de Rayos-X del proceso ⁽⁴⁾.

En el cátodo se crea una nube de electrones que cuando se aplica una diferencia de potencial entre los extremos del tubo, es enviada hacia el ánodo, donde se generan los espectros continuo y discreto de Rayos-X. El ánodo es el encargado de enviar los Rayos-X hacia el paciente. Sin embargo, no todos los rayos van con la potencia e intensidad necesaria para atravesar al paciente, ya que en parte son absorbidos por el mismo. Los que son capaces de atravesarlo luego de depositar parte de su energía, son los que forman la imagen en escala de grises ^(5, 6).

Partes que conforman al generador de Rayos-X: ^(4, 7).

1-Auto transformador: Es el dispositivo diseñado para proporcionar todos los voltajes necesarios para el equipo y adaptar el equipo a las condiciones de la línea existente. Como es más seguro y fácil de manipular un voltaje bajo y luego incrementarlo, entonces se alimenta el devanado primario del transformador de alta tensión. Este consta de un solo enrollado, parte del cual se utiliza como primario y parte como secundario.

2- Transformador de Filamento: Transformador reductor de voltaje con buen aislamiento entre primario y secundario, capaz de soportar entre ambos devanados tensiones máximas de al menos la mitad del voltaje máximo de salida. Su trabajo consiste en proporcionar el voltaje reducido para alimentar el filamento del tubo de Rayos-X. Está ubicado dentro del tanque de alto voltaje y se encuentra totalmente sumergido en aceite dieléctrico.

3-Control de corriente de Filamento: Resistencia variable y ajustable u otro dispositivo que conectado en serie con el primario del transformador de filamento nos regula el voltaje aplicado al mismo, con el objetivo de cambiar la corriente que circula por el filamento.

4-Selector de kilovoltaje (kV): Dispositivo de varias posiciones, utilizado para seleccionar los distintos voltajes del autotransformador, los cuales serán aplicados al primario del transformador de alto voltaje.

5-Interruptor cronométrico: Dispositivo que nos permite desconectar o cerrar el circuito primario del transformador de alto voltaje durante un tiempo determinado, que será el tiempo en que el tubo tenga aplicado el alto voltaje entre sus extremos, lo determina el tiempo de duración de la exposición. Comúnmente se le llama timer.

6-Transformador de alto voltaje: Normalmente se encuentra entre 40 y 150 kilovoltios (kV) en su secundario, con voltajes en el primario entre 60 y 240 voltios (V). Usualmente se emplea un primario y dos secundarios conectados en serie; el punto de conexión entre los dos secundarios se conecta a tierra, por lo que el transformador no requiere tan alto aislamiento como el transformador de filamento. Está ubicado dentro del tanque de alta tensión y se encuentra totalmente sumergido en aceite dieléctrico al igual que el transformador de filamento.

7-Compensador de la carga espacial o línea: Para compensar el efecto de la carga espacial en el control de la corriente de filamento, se adiciona un selector, que al variar la corriente de tubo simultáneamente, hace variar el voltaje aplicado al primario del transformador de alta tensión.

8-Control automático del kV: Un circuito compara el voltaje aplicado al primario del transformador de alta tensión con una referencia independientemente del voltaje seleccionado por el operador (kV). En correspondencia con el resultado de la comparación, se acciona el motor, de modo tal que realice la compensación correspondiente. Como resultado de la acción del motor, el cursor del selector de kV se desplaza sobre el auto transformador para variar la tensión de entrada al transformador de alta tensión.

9-Tubo de Rayos-X (Ver figura 2): Es el encargado de terminar de generar los Rayos-X que parten de los electrones que fueron arrancados del cátodo. Emite una nube de electrones a un punto del ánodo que es el encargado de convertir los electrones en radiación-X y calor. La función más importante del cátodo es arrancar del circuito eléctrico los electrones y centrarlos para transmitirlos al ánodo en forma de una nube. El cátodo más común consiste en una pequeña bobina de alambre (filamento) que se le llama foco fino o foco grueso, empotrado dentro de una región en forma de taza.

Dentro de la taza se pueden apreciar unos elementos que producen haces de electrones que se enfocan hacia el ánodo. El filamento menor produce una corriente de electrones pequeña con un área transversal reducida que da lugar a un foco pequeño (foco fino), que es más efectivo para obtener estudios de mayor resolución espacial y que daña menos al paciente desde el punto de vista de aplicarle menores dosis. Sin embargo, ese foco se calienta más ^(4, 7).

Al filamento más grande se le llama foco grueso debido a que produce una mayor cantidad de corriente pero afecta más al paciente, aunque se calienta menos. Podrá ser fijo o giratorio. Al polarizar los electrodos, se establece entre ellos un campo eléctrico capaz de acelerar los electrones de la nube formada por la emisión termoiónica en las proximidades del filamento debida a la circulación de corriente eléctrica por el filamento. El ánodo tiene dos funciones principales ^(4, 7).

La situación ideal del ánodo sería que la mayoría de los electrones arrancados se conviertan en fotones de Rayos-X en lugar de calor. Sin embargo, solo una fracción del total de la energía electrónica se convierte en radiación-X (eficacia). Esto depende de dos factores: el número atómico (Z) del material del ánodo y la energía de los electrones ^(4, 7).

El ánodo, además de tener un alto número atómico, tiene que ser capaz de mantener su resistencia a altas temperaturas. La mayoría de los tubos de Rayos-X usan como material de ánodo el tungsteno. Existe otro tipo de material para el mismo que es el molibdeno, utilizado básicamente en equipos de mamografía ⁽⁷⁾.

El 99% de la energía emitida se transforma en calor y solo el 1% en Rayos-X. En esencia en el ánodo por la acción de los electrones sobre los átomos del medio se producen 2 tipos de espectros de Rayos-X. Uno en que el electrón al pasar cerca del átomo se desacelera en el campo del núcleo atómico, perdiendo energía de forma continua (espectro continuo), y otro cuando el electrón choca con un electrón de alguna capa atómica y este último es arrancado al recibir la energía del electrón que impacta. En ese caso, otro electrón de una órbita superior puede ocupar el lugar del electrón arrancado y se emita una energía discreta correspondiente a la diferencia energética entre las dos capas (espectro discreto en forma de picos) ^(4, 7).

En el interior del paciente los Rayos-X pueden pasar sin interactuar, pueden interactuar fotoeléctricamente o pueden dispersarse por efecto Compton. El efecto de interacción fotoeléctrica ocurre cuando la radiación-X choca contra un átomo del cuerpo del paciente. Si el fotón tiene más energía que la necesaria para arrancar un electrón del medio, le transferirá esta energía adicional en forma de energía cinética ^(3, 4).

En el proceso de formación de una imagen, si se pretende que los Rayos-X que interactúan con la película fuesen los responsables de la formación de la imagen latente, se estará obligado a utilizar muy altas dosis de radiación para obtener una imagen con suficiente calidad radiográfica y por tanto habría mayor riesgo para el paciente ^(3, 4).

Para evitarlo, se usan las pantallas intensificadoras. Esta es una lámina flexible, compuesta por un material luminescente capaz de interactuar con los Rayos-X en mayor proporción que la película y convertir los

fotones X en luz visible; lo que actúa como un amplificador de la radiación remanente; lo que permite obtener buena calidad radiográfica con menos dosis de radiación que cuando se utiliza la película sin pantalla ^(3, 4).

Para revelar radiografías convencionales, primero la película se expone a la luz procedente de la pantalla intensificadora. La luz activa la emulsión del material donde la exposición no produce cambio visible y se crea una imagen llamada “latente”. Luego se expone la película a unos procesos en serie, mediante soluciones químicas que convierten la imagen latente en imagen visible con diferentes densidades ópticas y tonos de grises. La oscuridad de la película aumenta a medida que aumenta la exposición ⁽⁴⁾.

Un deficiente revelado puede ser también causa de una deficiente calidad de imagen, que en este caso no guardará relación con una adquisición bajo parámetros incorrectos ⁽⁷⁾.

Al considerar las averías en los equipos de rayos X ha de tenerse en cuenta que el desajuste o avería en algunos de sus componentes se puede provocar un deterioro en la calidad de la imagen final o un incremento en la dosis de radiación que recibe el paciente ^(3, 4, 7).

Entre los problemas más frecuentes que se encuentran en los equipos de rayos X: ⁽⁷⁾.

- La falta de mantenimiento.
- La obsolescencia con respecto a los requerimientos normativos.
- El incumplimiento de las pruebas de control de calidad contempladas en la normativa y que deben practicarse anualmente a todos los equipos.
- La falta de revisión de tensión (kV). Se refiere al valor máximo de diferencia de potencial que se establece a través del tubo de rayos X durante una exposición.
- Punto focal. Se busca la correcta direccionalidad del área donde incidan los rayos X.
- Tiempo de exposición, rendimiento.
- Linealidad y reproducibilidad del rendimiento.
- Coincidencia de centros.
- Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación.
- Contacto película--pantalla.
- Alineación de rejilla anti dispersora.
- Calidad del haz (CHR).
- Perpendicularidad del haz.

Las averías más habituales en equipos generadores de rayos x son debidas a los elementos de mandos auxiliares. Muchas veces como consecuencia de errores cometidos en la reparación de los circuitos auxiliares, o la ausencia de un control periódico de los mismos se ocasionan costosas averías ⁽⁷⁾.

A continuación se explican algunas de las partes principales de los equipos generadores de rayos X, elementos de control, medición y mando y fallas más comunes: ^(7, 8).

- Entrada de suministro eléctrico: se entiende por tal, los cables que llegan hasta la llave general, ésta, su fusible de protección y los cables que saliendo de los fusibles conectan con el comando.
- Fusibles: Abren el circuito cuando circula por él una corriente de mayor valor que la admisible. Su valor en amperes debe ser el estipulado por el fabricante. Si es bajo pueden impedir el trabajo del equipo en máxima carga. Si por el contrario es alto, no cumplirán su función de protección pudiendo dañarse el circuito.
- Interruptor principal: Habilita o interrumpe el paso de energía eléctrica al autotransformador. Si su mecanismo fallase podría ocasionar que el equipo “no encienda” o por el contrario no se desconecte al accionar el interruptor.
- Autotransformador: Está constituido de un núcleo de hierro cerrado y un solo arrollamiento que hace las veces de primario y secundario. Las principales funciones que cumple en el equipo de rayos son compensar las variaciones de la tensión de línea y obtener del transformador de alta tensión diferentes valores de kilovoltaje alimentando de forma variable su primario.
- Limitador de tensión de filamento: Es una resistencia o serie de ellas cuya función es entregar un voltaje variable al transformador de filamento de manera de regular la corriente que circula por el filamento del tubo. Si funciona incorrectamente puede provocar que el tubo no encienda, un bajo rendimiento de miliamperaje o la destrucción del tubo.
- Transformador de filamento: Es un transformador reductor con relación de transformación fija que produce valores apreciables de corriente a bajo voltaje. La función de esta corriente es calefactor el filamento del tubo de Rayos X hasta la incandescencia para lograr la emisión de electrones. Las fallas más usuales son un cortocircuito del transformador, interrupción del circuito primario o secundario, perforación en el material aislante.
- Transformador de alta tensión: es un transformador elevador cuya función es producir una diferencia de potencial de miles de voltios necesarios para generar los rayos X. Las averías más usuales son las mismas que las producidas en un transformador de filamento.

Hoy día el equipo de rayos X es de gran importancia en el diagnóstico de varias afecciones. Su uso se ha generalizado en nuestro país, llegando no solo a los hospitales de mayor importancia sino también a policlínicos y clínicas estomatológicas ⁽³⁾. Esta razón hace valido conocer sobre este método diagnóstico.

V CONCLUSIONES

Los equipos de rayos X resultan un importante método diagnóstico; ello fundamenta su significado y valor para la medicina; en los diferentes niveles de salud la imagen radiológica permite una adecuada valoración del paciente que acude a recibir los servicios médicos. Esta razón inspiró este estudio que permitió profundizar en una descripción del equipo de rayos X convencional y sus averías más frecuentes.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consejo de Seguridad Nuclear. Tema 3 (1ª Parte): Equipos de radiografía y accesorios: Foro sobre Protección Radiológica en el Sector Industria. Radiografía industrial; 2010. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/953019/Curso+de+gammagraf%C3%ADa+y+radiograf%C3%A1a+industrial+-+TEMA+03+-+Equipos+de+radiograf%C3%ADa+y+accesorios+PARTE+I/8978c595-a098-4663-86a6-b7d160699b58>
2. Amaya González M, Arguello Ramírez P, Castillo Arenas E. Dosis de radiación absorbida por Endodoncias con el uso de rayos x portátil y su efecto en la glándula tiroides. Bogotá: Universidad Santo Tomás, Bucaramanga; 2023. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/53154/2023AmayaMargie.pdf?sequence=1>
3. Llahí N, Pardell X. Instrumentación Biomédica. Curso Rayos X. Apuntes de Electromedicina. 2018. Disponible en: <https://www.pardell.es/curso-rayos-x.html>
4. Inostroza Peres AS. La Ingeniería Electrónica en los equipos de rayos x hospitalarios. Lima: Universidad Ricardo Palma; 2008. Disponible en: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/78/inostroza_as.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Ojeda Angles A, Pérez Díaz M. Diagnóstico radiológico de los departamentos de rayos X de dos policlínicos de Santa Clara. Villa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; 2010. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/262>
6. Empresa Spellman Alto Voltaje. Notas de Aplicación – Generadores de Rayos-X: Spellman; 2024. Disponible en: <https://www.spellmanhv.com/es/Technical-Resources/Application-Notes-X-Ray-Generators>
7. Digital Radiography, Radiology. Cuidado y Mantenimiento del Equipo de Rayos X: Seis Recomendaciones: Equipo de imágenes médicas; 2020. Disponible en: <https://www.carestream.com/blog/2020/07/29/cuidado-y-mantenimiento-del-equipo-de-rayos-x-seis-recomendaciones/>
8. Amador Cornejo S. Mantenimiento preventivo para equipos de radiología (Rayos x móviles y arco en c). Ciudad de México: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología; 2008. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23211/Sandibel%20Amador%20Cornejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>