

**PRACTICA EMPRESARIAL RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.**

**MIGUEL FABIÁN SANABRIA VALDIVIESO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2010**

**PRACTICA EMPRESARIAL RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.**

**MIGUEL FABIÁN SANABRIA VALDIVIESO**

**Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO ELECTRÓNICO**

**SUPERVISOR:  
MSC. ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2010**

## **DEDICATORIA**

A lo largo de mi vida mi familia me ha apoyado incondicionalmente en las tareas que he emprendido, ellos me han permitido forjar el camino de mi vida, este trabajo y la culminación de mi carrera se los entrego a ellos y en especial a la persona más importante mi madre.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo agradezco a Dios por permitirme llevar a cabo la práctica empresarial, por darme la paz y tranquilidad necesarias para poder actuar de la mejor forma; para poder utilizar las herramientas aprendidas a lo largo de la carrera.

Al Ingeniero Eduardo Rodríguez Navarrete quien da soporte a los equipos de rayos X en la empresa Radiólogos Asociados S.A. por su apoyo en el desarrollo de las actividades de la práctica empresarial y por ser mi guía a lo largo de esta.

A la empresa Radiólogos Asociados S.A. por abrirme las puertas y permitirme adquirir los tan importantes conocimientos a lo largo de la práctica empresarial.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por ser mi centro de aprendizaje, por formarme integralmente tanto en mi vida profesional, como persona.

## TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN GENERAL TRABAJO DE GRADO	
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.1. RESEÑA HISTÓRICA RADIOLOGOS ASOCIADOS S.A.	4
2.2. PORTAFOLIO DE SERVICIOS DE LA EMPRESA	5
2.2.1. Radiología e imágenes diagnósticas.	5
2.2.2. Servicios del tac multicorte 64 cortes (volumétrico).	6
2.2.3. Centro médico para el corazón.	6
2.2.4. Electrodiagnóstico.	7
2.2.5. Servicios adicionales.	7

3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO	9
3.1. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE RADIÓLOGO ASOCIADOS S.A.	9
3.2. MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS EQUIPOS RX Y FLUOROSCOPIA	9
3.3. DOCUMENTACIÓN, CONSULTA DE BIBLIOGRAFÍA	9
3.4. ESTUDIO EQUIPO DXR – 750 II	9
3.5. REVISIÓN DEL EQUIPO DXR – 750 II	10
3.6. DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA	10
3.7. CRONOGRAMA DE DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES	10
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1. DEFINICIÓN GENERAL	17
4.2. FLUOROSCOPIA	17
4.3. INTENSIFICADOR	18
4.4. MESA DE RAYOS X	19
4.5. GENERACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X	20

4.5.1. Señal AC de entrada.	21
4.5.2. Contactor de entrada de línea.	21
4.5.3. Voltaje de línea de compensación.	21
4.5.4. Auto transformador.	21
4.5.5. Voltaje de control de Rayos X.	21
4.5.6. Contactor de alimentación del primario del T.H.V.	22
4.5.7. Transformador de alta tensión.	22
4.5.8. Medidor de corriente.	22
4.5.9. Resistencia de filamento.	22
4.5.10. Transformador de filamento.	22
4.5.11. Rectificación.	22
4.5.12. Tubo de rayos X.	22
4.5.13. Cátodo del tubo.	23
4.5.14. Ánodo del tubo.	23

4.5.15. Rotor.	23
4.5.16. Circuito de control de rotación.	23
5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO.	24
5.1. GENERALIDADES DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.	24
5.1.1. RX – Fluoroscopia.	25
5.1.2. Digitalización.	25
5.1.2. Ecógrafo.	29
5.2. DOCUMENTACIÓN, CONSULTA DE BIBLIOGRAFÍA.	31
5.3. MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS EQUIPOS RX Y FLUOROSCOPIA.	31
5.3.1. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 1).	32
5.3.2. Mal funcionamiento en modo RAD (Continuación caso 1).	32
5.3.3. Bucky de mesa no funciona (Caso 1).	34
5.3.4. Mal funcionamiento mesa de rayos X (Caso 1).	34
5.3.5. Calentamiento excesivo tubo rayos X (Caso 1).	34

5.3.6. Imagen defectuosa de la pantalla fluoroscópica (Caso 1).	35
5.3.7. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 1).	36
5.3.8. Instalación Bucky mural (Caso 1).	36
5.3.9. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 2).	37
5.3.10. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 3).	37
5.3.11. Mal funcionamiento selector KVp (Caso 1).	38
5.3.12. Corto equipo de rayo X (Caso 1).	39
5.3.13. Colimador rayos X portátil.	40
5.3.14. Corto equipo de rayo X (Caso 2).	41
5.3.15. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 2).	41
5.3.16. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 3).	42
5.3.17. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 4).	43
5.3.18. Corto equipo de rayo X (Continuación caso 2).	43
5.3.19. No hay exposición con el foco largo.	44

5.3.20. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 5).	45
5.4. ESTUDIO EQUIPO DXR – 750 II	46
5.4.1. Power circuit, coordenadas de la 1 a la 28.	47
5.4.2. Switching circuits. Coordenadas de la 29 a la 60.	48
5.4.3. Radiographic interval timer. Coordenadas de la 61 a la 104.	48
5.4.4. Servo driver. Coordenadas de la 105 a la 129.	48
5.4.5. Filament and space charge compensation. Coordenadas de la 130 a la 157.	48
5.4.6. MA – MAS metering.	48
5.4.7. Tube protector. Coordenadas de la 174 a la 183.	48
5.4.8. Rotor controller. Coordenadas de la 184 a la 215.	48
5.5. REVISIÓN EQUIPO DXR – 750 II	49
5.6. DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA	50
5.6.1. Construcción de los procesos para los modos de trabajo del equipo.	51
6. APORTES AL CONOCIMIENTO	54

7. RECOMENDACIONES A LA EMPRESA	56
8. CONCLUSIONES	58
9. BIBLIOGRAFÍA	59
GLOSARIO	60
ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Cronograma actividades de octubre del 2009	11
Tabla 2. Cronograma actividades de noviembre del 2009	12
Tabla 3. Cronograma actividades de diciembre del 2009	13
Tabla 4. Cronograma actividades de enero del 2010	14
Tabla 5. Cronograma actividades de febrero del 2010	15
Tabla 6. Cronograma mes de marzo del 2010	16
Tabla 7. Dimensiones y peso del ecografo	31
Tabla 8. Alimentación eléctrica del ecografo	31
Tabla 9. Relés activos del DXR – 750 II	49
Tabla 10. Bobinas que intervienen en el equipo según el modo de trabajo.	49
Tabla 11. Bobinas usadas en cada modo de trabajo parte 1.	Anexo B
Tabla 12. Bobinas usadas en cada modo de trabajo parte 2.	Anexo B

Tabla 13. Características de los relés en modo RAD parte 1.	Anexo C
Tabla 14. Características de los relés en modo RAD parte 2	Anexo C
Tabla 15. Características de los relés en modo RAD parte 3	Anexo C
Tabla 16. Características de los relés en modo RAD parte 4	Anexo C
Tabla 17. Características de los relés en modo RAD parte 5	Anexo C
Tabla 18. Perilla de tiempo en modo de trabajo Fluoro	Anexo D
Tabla 19. Perilla de corriente en modo de trabajo Fluoro	Anexo D
Tabla 20. Perilla de tensión en modo de trabajo Fluoro	Anexo D
Tabla 21. Perilla de tiempo en modo de trabajo RAD	Anexo D
Tabla 22. Perilla master density	Anexo D
Tabla 23. Perilla de elementos externos	Anexo D
Tabla 24. Perilla de compensación de entrada de línea	Anexo D
Tabla 25. Perilla 22D6	Anexo D
Tabla 26. Perilla de selección de tubo en modo de trabajo RAD	Anexo D
Tabla 27. Perilla de tensión mayor en modo de trabajo RAD	Anexo D

Tabla 28. Perilla de tensión menor en modo de trabajo RAD	Anexo D
Tabla 29. Perilla de corriente en modo de trabajo RAD	Anexo D
Tabla 30. Datos a tomar por etapas.	Anexo E
Tabla 31. Puntos de medición equipo encendido	Anexo F
Tabla 32. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SO parte 1	Anexo F
Tabla 33. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SO parte 2	Anexo F
Tabla 34. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SU parte 1	Anexo F
Tabla 35. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SU parte 2	Anexo F
Tabla 36. Error indicado en el LCD modo SO	Anexo G
Tabla 37. Error indicado en el LCD modo SU	Anexo G

## LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Tubo de imagen	18
Figura 2. Esquema general para la generación de los Rayos X	20
Figura 3. CR 75.0 Digitizer	26
Figura 4. Estación de usuario CR	26
Figura 5. Chasis ADC Compact	27
Figura 6. Placa de imagen	27
Figura 7. Pantalla de visualización del CR 75.0	28
Figura 8. Chasis en el dispensador de entrada del digitalizador	29
Figura 9. Transformador de alta tensión sede cuba	46
Figura 10. Ejemplo de procesos	51
Figura 11. Procesos SU	ANEXO G
Figura 12. Procesos SO	ANEXO G

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A. RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.

ANEXO B. BOBINAS Y MODOS DE TRABAJO

ANEXO C. CARACTERÍSTICAS DE RELÉS EN MODO RAD

ANEXO D. PANEL DE CONTROL

ANEXO E. RELÉS Y CONTACTOS PLANOS DXR 750 II

ANEXO F. PUNTOS DE MEDICIÓN PARA CADA MODO DE TRABAJO

ANEXO G. MAPAS DE PROCESOS DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE ERRORES

## **RESUMEN GENERAL TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** Practica empresarial Radiólogos Asociados S.A.

**AUTOR:** Miguel Fabián Sanabria Valdivieso.

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Electrónica.

**DIRECTOR:** Alex Alberto Monclou Salcedo.

### **RESUMEN**

Radiólogos Asociados S.A. es una empresa que brinda sus servicios de radiología e imágenes diagnósticas en la ciudad de Pereira (Risaralda) y Cartago (Valle del Cauca). La práctica empresarial es desarrollada en el campo de la bioingeniería y enfocada en los equipos de rayos X. El equipo principal a trabajar es un General Electric, modelo DXR-750II, está ubicado en la sede principal. El objetivo es ayudar a la empresa a reducir el tiempo de respuesta en los mantenimientos correctivos del equipo de rayos X; para este fin, se estudian los planos electrónicos, destacando las tarjetas más importantes e indicando las modificaciones que se le han realizado al equipo a lo largo de su vida. Con la información recopilada, se diseña una tarjeta de detección de errores que permite identificar los problemas de dicho equipo en caso de fallas. Entre los resultados más importantes se destaca la comprensión de todas las etapas del equipo, las condiciones bajo las cuales se produce un haz de rayos X, y el diseño de la tarjeta para la identificación de errores.

**PALABRAS CLAVES:** Bioingeniería, rayos X, equipos de radiología.

## **RESUMEN GENERAL TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** Practica empresarial Radiólogos Asociados S.A.

**AUTOR:** Miguel Fabián Sanabria Valdivieso.

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Electrónica.

**DIRECTOR:** Alex Alberto Monclou Salcedo.

### **RESUMEN**

Radiologos Asociados S.A. is an enterprise that offers radiology services and diagnostic imaging at Pereira city (Risaralda) and at Cartago city (Valle del Cauca). The apprenticeship is developed in bioengineering field and focused in X-ray equipment. The machine (brand: General Electric, model DXR-750II) to work with is located at the main headquarter. The main objective is to help the enterprise to diminish the response time when doing corrective maintenance of X- ray equipment. In order to accomplish this, electronic plans must be studied, outstanding the most important electronic boards and showing all the modifications have been made to the equipment. With this information, an error detection board is designed to identify any fail of the equipment. Among all the results, it is important to stand out the understanding of every stage of the equipment, the conditions needed to produce a beam of light; and the design of the error detection board.

**PALABRAS CLAVES:** Bioingeniería, rayos X, equipos de radiología.

## INTRODUCCIÓN

Dar una solución cada vez más rápida y efectiva en los mantenimientos correctivos es el reto que a diario vive en el departamento de mantenimiento de la empresa Radiólogos Asociados S.A., por este motivo, ha nacido la iniciativa de estudiar los equipos de rayos X que existen en la empresa. La práctica empresarial se ha enfocado en establecer las bases de esta ardua tarea, realizando un estudio de uno de los equipos ubicado en la sede principal.

En la actualidad la mayoría de los equipos de rayos X se encuentran a cargo de una empresa externa a Radiólogos Asociados S.A., cuando ocurre una falla en el equipo, el departamento de mantenimiento busca dar rápida atención al problema presentado, si el departamento determina que este inconveniente no se le puede dar solución rápida y efectiva, esta empresa externa se encarga de reparar el equipo, sin embargo, esta incapacidad del departamento representa pérdidas económicas importantes por el transcurso de las horas o días que se encuentra el equipo detenido; por este motivo; es tan importante el crecimiento del conocimiento no solo de los equipos de rayos X, sino de todos en general.

Anexo a lo expuesto en el párrafo anterior, hay que destacar otra importancia de la práctica empresarial y el trabajo con los equipos de rayos X, la cual se enfoca en el practicante, y corresponde a la oportunidad para comenzar a desempeñarse en el campo de la biomédica, debido a la gran cantidad de conocimiento adquirido a lo largo del tiempo de trabajo.

Como parte de una clasificación general, las actividades desarrolladas a lo largo de la práctica empresarial se resumen en cuatro etapas presentadas a continuación.

- **Estudio equipo rayos X.** Es necesario partir de una construcción y recopilación de las bases teóricas necesarias en la comprensión de la generación del haz de rayos X.
- **Estudio de los planos del equipo.** Estudio del equipo DXR-750 II, obteniendo con este análisis las secuencias de operación de los circuitos para cada uno de los modos de trabajo.
- **Mantenimientos correctivos equipos de rayos X.** Indiscutiblemente el enfrentarse a los diferentes problemas que surgen a la hora de un

mantenimiento correctivo, permite reforzar el conocimiento estudiado en la parte teórica, se generan nuevas inquietudes y se pone a prueba las habilidades en el manejo de planos electrónicos.

- **Desarrollo del sistema de detección de errores.** Una vez adquirida toda la información y experiencia con los equipos de rayos X, es necesario materializar lo aprendido en el diseño de un sistema que permita detectar las posibles fallas que se generan en el equipo.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Disminuir el tiempo respuesta de los mantenimientos correctivos del equipo General Electric DXR-750 II ubicado en la sede principal de Radiólogos Asociados S.A.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estudiar el funcionamiento del equipo, con lo cual se espera determinar o establecer cada una de las etapas a trabajar en el equipo.

Determinar las modificaciones que se le han realizado al equipo, para lo cual es necesario compararlo con sus planos originales, y la hoja de vida del equipo.

Diseñar un sistema que permita determinar que cada una de las etapas establecidas se encuentran funcionando correctamente.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

La radiología e imágenes diagnósticas representan una gran herramienta en el tratamiento y la valoración de muchos problemas de salud de las personas; es aquí, donde la empresa Radiólogos Asociados S.A. brinda sus servicios en la ciudad de Pereira (Risaralda) y Cartago (valle del cauca), la calidad de su trabajo es reflejado en el reconocimiento de la gente y su larga trayectoria al servicio de la comunidad.

En una empresa tan grande y con tantos equipos a su servicio, es indispensable un departamento que se encargue de mantener en buenas condiciones los equipos e infraestructura de cada una de sus sedes; entre las tantas responsabilidades que posee el departamento de mantenimiento, existe la necesidad de atender de la forma rápida y eficiente los daños e imprevistos ocurridos en cada uno de los equipos, de acuerdo con esto, y ante un eventual mantenimiento correctivo, el departamento de mantenimiento si puede corregir el error y no está el equipo bajo algún tipo de garantía, ejecuta dicho mantenimiento; de lo contrario; se contacta con alguna empresa externa para que el percance se solucione.

### **2.1. RESEÑA HISTÓRICA RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.**

El día 25 de febrero de 1980 por iniciativa de los Doctores Blas Cárdenas Martínez y Jorge Iván Ospina Alzate, prestigiosos Médicos Radiólogos de la ciudad, se creó la sociedad médica RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A., con su centro Radiológico, Ecográfico y Escanográfico, para satisfacer las necesidades de ayudas en Radiología e Imágenes Diagnósticas de la región y del país. Para lograrlo conformaron un equipo humano y técnico, que cumpliera con los requerimientos del momento y tuviera una visión futurista, lo que les ha permitido ser líderes en el mercado de las Imágenes y Ayudas Diagnósticas.

El centro Radiológico, Ecográfico y Escanográfico, fue el primero en el eje cafetero en traer equipos modernos para aquella época, es así como además de los servicios de Radiología Convencional, fueron pioneros en la región trayendo tecnologías tales como el Ultrasonido y la Tomografía Axial Computarizada (Escanografía) y TAC Multicorte de 64 cortes que no existían. Con el transcurrir del tiempo, el Centro Radiológico fue implementando y desarrollando sus actividades para mantenerse a tono con la alta tecnología en la especialidad, logrando tener actualmente equipos de avanzada y tecnología de punta, que garantizan

exámenes con calidad para lograr diagnósticos precisos de todas las enfermedades y contribuir así al cuidado y mejoramiento de la salud de los pacientes.

A pesar de la crisis económica que afecta nuestro país, la crisis del sector de la salud y la competencia de toda índole que no es ajena en este medio, los Doctores Blas Cárdenas Martínez y Jorge Iván Ospina Alzate, siguen creyendo en la región y la comunidad y continúan en su empeño de seguir haciendo empresa, generando empleo y contribuyendo al desarrollo del país y al mejoramiento del nivel de vida de la población.

El texto presentado anteriormente hace parte de la reseña histórica de la empresa Radiólogos Asociados S.A.

## **2.2. PORTAFOLIO DE SERVICIOS DE LA EMPRESA**

Los servicios que otorga la empresa a la comunidad están agrupados en cinco partes.

### **2.2.1. Radiología e imágenes diagnósticas.**

- Radiología Convencional.
- Radiología Intervencionista.
- Radiología Pediátrica.
- Ortoradiografía.
- Mamografía.
- Ecografía Convencional.
- Ecografía Especializada.
- Ecografía Doppler.
- TAC (Tomografía Axial Computarizada) de Alta Resolución.
- Endoscopia Especializada.
- Endoscopias Digestivas Con Biopsia.
- Endoscopia Intervencionista.
- Biopsias Multiorganos dirigidas por Imágenes.
- Arteriografías.
- Electrodiagnóstico.

### **2.2.2. Servicios del tac multicorte 64 cortes (volumétrico).**

- Angiotac Cerebral.
- Angiotac de Aorta.
- Angiotac de Extremidades.
- Angiografías por Tomografía.
- Angiografía de Arterias Coronarias.
- Angiografía de Arterias Coronarias.
- Broncoscopia Virtual.
- Colonoscopia Virtual.
- Lanringoscopia Virtual.
- Dentascan.
- TAC Musculoesquelético con Reconstrucción 3D MIP y MIN y 3D Rendering.
- TAC Vertebroesquelético con material de osteosíntesis y de fijación espinal.
- Estudio Dinámico de Hígado.
- Puntaje de Calcio Coronario.
- Reconstrucción Tridimensional.
- TAC Pélvico.
- TAC de Órbitas.
- TAC de Cuerpo Entero.
- Urotac.
- Urografía por Multicorte.

### **2.2.3. Centro médico para el corazón.**

- Consulta Especializada de Cardiología Para Adultos Y Pediátrica.
- Ecocardiograma Modo M. Bidimensional, Doppler Color.
- Ecocardiograma Doppler Color Pediátrico.
- Ecocardiograma Pediátrico con Contraste.
- Ecocardiograma Fetal.
- Ecocardiograma Transesofágico para Adultos.
- Ecocardiografía de Estrés con Dobutamina.
- Estudios Vasculares Invasivos y no Invasivos.
- Prueba de Esfuerzo.
- Toma y Lectura de Electrocardiogramas para adultos y Pediátrico.
- Test de Holter 24, 48, 72 Horas.
- Rehabilitación Cardíaca.
- Implantación de Marcapasos.
- Planes de Chequeo Ejecutivo.

- Programas de Promoción y Prevención de la Salud de Enfermedades Cardiovasculares.

#### **2.2.4. Electrodiagnóstico.**

- Electromiografía
- Electromiografía con aguja de 1 a 4 extremidades.
- Electromiografía del Esfínter anal.
- Neuroconducciones de Nervios Periféricos tanto Espinales como Craneales (Facial, Trigémino).
- Respuestas Tardías, Onda F y Reflejo H.
- Reflejo de parpadeo.
- Test de Estimulación repetitiva (Test de Lambert).
- Test de la Trasmisión Neuromuscular.

#### **2.2.5. Servicios adicionales.**

- Lectura de RX para las entidades que lo requieran.
- Interconsulta telefónica.
- Grabación en VHS, CD Y DVD para estudios dinámicos de Fluoroscopia, ecografías obstétricas, estudios de vías digestivas, cistografía miccional y estudios vasculares.
- Suministro de medicamentos y medios de contraste.
- Consulta médica general

Existen tres planes que se ofrecen y que recopilan algunos de los servicios indicados anteriormente.

**2.2.5.1. Planes de chequeo ejecutivo.** Es el más completo plan de Chequeos Ejecutivos cada uno de acuerdo a las necesidades y exigencias de salud y control que el ser humano necesita en los tiempos de hoy.

**2.2.5.2. Plan azul (hombres).** Dirigido al adulto joven y a la persona mayor. Busca evaluar especialmente el aparato cardiovascular, respiratorio, la función renal, detectar compromiso a nivel de próstata; cuantificar el comportamiento metabólico, especialmente en el manejo de la glicemia y los lípidos del organismo (Colesterol, Triglicéridos, HDL). Incluye una evaluación integral del estado de los

Factores de Riesgo Cardiovascular, la evaluación cardiológica, acompañada de un plan integral para el usuario con un paquete de sugerencias y recomendaciones. Este plan incluye:

- Perfil lipídico.
- Colesterol total, hdl, ldl, vldl y triglicéridos.
- Antígeno prostático específico (aps).
- Parcial de orina.
- Creatinina.
- Glicemia.
- Rayos x de tórax.
- Examen de próstata.
- Prueba de esfuerzo (incluye electrocardiograma).
- Consulta cardiológica.

**2.2.5.3. Plan dorado (mujer).** Este plan va dirigido especialmente a la mujer, joven o adulta. Su contenido busca evaluar las patologías que más han demostrado responder a las medidas preventivas y que son una causa creciente de enfermedad. La citología, la mamografía, la evaluación cardiovascular y metabólica son las herramientas que se ponen a disposición de las mujeres para que continúen siendo productivas y disfrutando de la vida compartiéndola con sus seres queridos. Este plan incluye:

- Perfil lipídico: colesterol total, hdl, ldl, vldl y triglicéridos
- Citología
- Parcial de orina
- Creatinina
- Glicemia
- Mamografía
- Rayos x de tórax
- Prueba de esfuerzo (incluye electrocardiograma)
- Ecografía de pelvis
- Consulta cardiológica

### **3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO**

Desde el comienzo de la práctica se establecieron las pautas que sirvieron de guía en el desarrollo de la práctica empresarial, estas metas se expresan a continuación.

#### **3.1. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE RADIÓLOGO ASOCIADOS S.A.**

Con el fin de comprender el área de trabajo en el que se desempeñara el practicante en la empresa, se requiere entender el funcionamiento, características de los principales equipos ubicados en las diferentes sedes de Radiólogos Asociados S.A. Para tal motivo, se realizara un estudio general de estos equipos.

#### **3.2. MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS EQUIPOS RX Y FLUOROSCOPIA**

En el momento que se requiera; el practicante estará a disposición del departamento de mantenimiento, para atender los diferentes inconvenientes presentados con los equipos de RX y Fluoroscopia; ya que de esta forma se enfrentan y comprenden los diferentes percances sufridos con estos equipos; obteniendo así; no solo el requerido conocimiento teórico, sino además, el práctico. Al enfrentarse a un mantenimiento correctivo, el practicante aplicara el conocimiento adquirido en la detección de los problemas que sufran los equipos, siguiendo las normas de seguridad requeridas y aplicando el conocimiento del funcionamiento básico que poseen todas las marcas y modelos de equipos de RX y Fluoroscopia.

#### **3.3. DOCUMENTACIÓN, CONSULTA DE BIBLIOGRAFÍA**

Es necesario buscar información para conocer a fondo el funcionamiento de los equipos y la forma como se lleva a cabo la adquisición de las imágenes. Para tal motivo el practicante se remitirá a adquirir la documentación necesaria en libros, planos y hojas de vida del equipo, obteniendo por ultimo un documento que sea útil para la comprensión del equipo.

#### **3.4. ESTUDIO EQUIPO DXR – 750 II**

Organizar la información o documentación adquirida para mirar las fallas más

comunes, estudiar los planos y determinar los diferentes parámetros que sean útiles para el diseño del sistema de detección de errores del equipo DXR – 750 II. De esta forma se obtendrán los circuitos del equipo organizados en etapas, junto con sus respectivas señales de entrada, salida y diferentes características útiles en el mantenimiento correctivo.

### **3.5. REVISIÓN DEL EQUIPO DXR – 750 II**

Debido a que este equipo tiene varios años a disposición de la empresa es necesario compararlo con los planos originales, para determinar los cambios que ha sufrido. En esta etapa es necesario consultar la hoja de vida del equipo, y demás fuentes que brinden información en la determinación de las modificaciones realizadas; obteniendo de esta manera una comparación de los cambios realizados en el equipo, entre el estado en que se encuentra, y los cambios requeridos en las etapas planteadas.

### **3.6. DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA**

Una vez recolectada la información necesaria el estudiante procederá con el diseño del sistema teniendo en cuenta los parámetros estudiados y establecidos. Se procesará a realizar el cableado necesario en el equipo DXR-750 II para la toma de las señales pertinentes y se diseñara el circuito impreso que permitirá establecer el funcionamiento por etapas del equipo, teniendo en cuenta que para trabajar con el equipo se requerirá buscar el momento en el que se encuentre a disposición (No se esté utilizando para la toma de exámenes).

### **3.7. CRONOGRAMA DE DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES**

Los cronogramas establecidos para el desarrollo de las actividades están indicados en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, y 6; las letras al costado derecho indican cual es la actividad realizada para cada uno de los cronogramas.

- Introducción a los principales equipos de Radiólogo Asociados S.A. (a)
- Mantenimientos correctivos equipos RX y Fluoroscopia.(b)
- Documentación, Consulta de bibliografía.(c)
- Estudio equipo DXR – 750 II.(d)
- Revisión equipo DXR – 750 II.(e)

- Diseño y puesta en marcha.(f)

Tabla 1. Cronograma actividades de octubre del 2009.

Octubre del 2009						
	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

(Fuente de datos propios)

Tabla 2. Cronograma actividades de noviembre del 2009.

Noviembre del 2009						
	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

(Fuente de datos propios)

Tabla 3. Cronograma actividades de diciembre del 2009.

Diciembre del 2009						
	a	b	c	d	e	f
1		■		■		
2		■		■		
3		■			■	
4		■			■	
5		■			■	
6						
7		■			■	
8		■			■	
9		■			■	
10		■			■	
11		■			■	
12		■			■	
13						
14		■			■	
15		■			■	
16		■			■	
17		■			■	
18		■			■	
19		■			■	
20						
21		■			■	
22		■			■	
23		■			■	
24		■			■	
25		■			■	
26		■			■	
27						
28		■			■	
29		■			■	
30		■			■	
31		■			■	

(Fuente de datos propios)

Tabla 4. Cronograma actividades de enero del 2010.

Enero del 2010						
	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

(Fuente de datos propios)

Tabla 5. Cronograma actividades de febrero del 2010.

Febrero del 2009						
	a	b	c	d	e	f
1		■				■
2		■				■
3						
4		■				■
5		■				■
6		■				■
7		■				■
8		■				■
9		■				■
10						
11		■				■
12		■				■
13		■				■
14		■				■
15		■				■
16		■				■
17						
18		■				■
19		■				■
20		■				■
21		■				■
22		■				■
23		■				■
24						
25		■				■
26		■				■
27		■				■
28		■				■

(Fuente de datos propios)

Tabla 6. Cronograma mes de marzo del 2010.

Marzo del 2009						
	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

(Fuente de datos propios)

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. DEFINICIÓN GENERAL**

Los rayos X son producidos a altas velocidades donde partículas eléctricamente cargadas son absorbidas por un material. Los tubos de rayos x son utilizados para la generación de estas partículas que son aceleradas a altas velocidades para ser absorbidas por un objetivo. Estas partículas empleadas en los tubos de rayos X son los electrones, los cuales son fácilmente generados y acelerados a altas velocidades, y quien los absorbe es un objetivo o metal de bombardeo de electrones. [9]

Los rayos X son utilizados para diferentes estudios, sin embargo dependiendo de estos estudios se pueden distinguir dos modos de trabajo, rayos X convencional y fluoroscopia.

Algunos de los equipos de rayos X poseen dos tubos, si se considera que un paciente se encuentra acostado en una mesa de rayos X, uno de los tubos se ubica en la parte superior y el otro en la parte inferior de esta mesa; cuando se trabaja con el tubo de la parte superior el equipo trabaja en modo rayos X convencional, de esta forma, el equipo es utilizado para adquirir una imagen de los huesos del paciente en una placa de rayos X.

En modo fluoroscopia se utiliza es el tubo de la parte inferior donde la función del equipo cambia, aquí, se busca adquirir las imágenes de los órganos y/o huesos del paciente en una pantalla de video, de esta forma se seleccionan y visualizan las zonas del cuerpo antes de tomar la placa de rayos X.

### **4.2. FLUOROSCOPIA**

Es un estudio de las estructuras del cuerpo en movimiento; a medida que el medio de contraste recorre el órgano, se hace pasar por esta parte del cuerpo, un haz continuo de rayos X para posteriormente visualizar en una pantalla, una imagen correspondiente al órgano.

El medio de contraste es un material que se le aplica al paciente para algunos

estudios realizados con los equipos de rayos X en modo fluoroscopia, es necesario aplicarlo pues de lo contrario, los rayos X atravesarían los tejidos y no se podría observar las imágenes de los órganos, por tal motivo la función principal del medio de contraste es absorber los haces de rayos X, ya que al encontrarse este material en forma líquida es posible observa la estructura del órgano. En los estudios contrastados se administran un material radiopaco o medio de contraste (como el Bario o materiales iodados) de diferentes maneras, por vía oral, rectal, venosa, arterial, articular, cavidad uterina, vías aéreas entre otras.

En los exámenes de vías digestivas; el medio de contraste utilizado es un material de consistencia espesa generalmente Bario, el cual se utiliza para ver el movimiento de los intestinos y demás vías digestivas.

### 4.3. INTENSIFICADOR

Permite visualizar en condiciones normales de luz las imágenes de los rayos X, aumentando el número de fotones y concentrándolos desde la entrada del intensificador en la pantalla de fosforo grande a una salida del mismo material más pequeña.

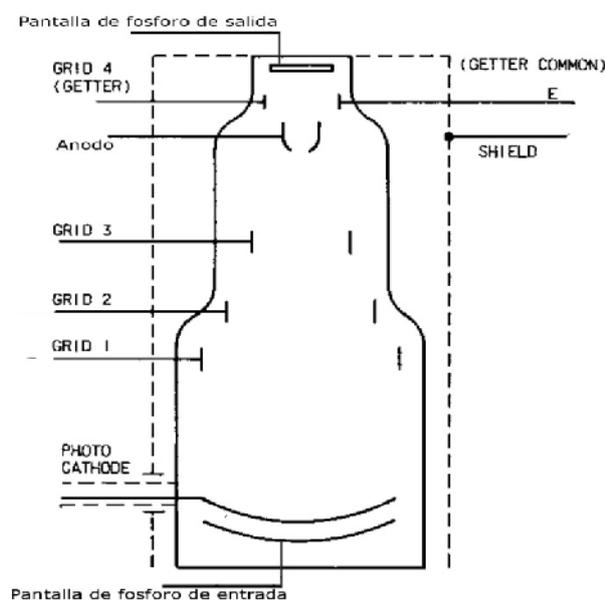


Figura 1. Tubo de imagen.

El tubo de imagen es el corazón del intensificador y junto con la cámara, espejos y

la fuente de alimentación, se convierte la energía del haz de rayos X en una imagen de luz amplificada.

Tal y como se ve en la Figura 1, el tubo de imagen contiene una pantalla de fosforo a la entrada que convierte los rayos X en fotones de luz en proporción a la intensidad de la radiación del haz de rayos X; muy cerca a esta pantalla se encuentra el fotocátodo, el cual emite electrones en proporción a la luz emitida por la pantalla de fosforo de la entrada. Los electrones que salen del fotocátodo son acelerados entre el fotocátodo y el ánodo cuando entre estos hay una diferencia de potencial de 25KV, el motivo por el cual son acelerados estos electrones es para darles mayor energía y así obtener de la pantalla de fosforo de salida una imagen amplificada de la original. [1]

Cuando en la imagen de la pantalla de video sale una luz en forma circular que distorsiona la imagen original, esta falla se debe a la existencia de gas en el tubo de imagen del intensificador, para contrarrestar esto se utiliza un magneto que se encuentra en la parte externa del tubo de imagen.

Los lentes electrostáticos concentran los electrones de la pantalla de fosforo de salida, a ellos se les aplica una tensión de aproximadamente 4.7KV. [1]

#### **4.4. MESA DE RAYOS X**

Para algunos de los exámenes es necesario situar la mesa en diferentes posiciones, como por ejemplo, cuando se sacan radiografías de tórax, lo más recomendable es angular la mesa unos 90 grados para tomar la radiografía, para cumplir con estos requisitos la mesa tiene dos movimientos, uno de angulación y el otro de desplazamiento horizontal.

La mesa Monitrol 15 (mesa del equipo DXR 750II) posee una velocidad de angulación constante de 4.5 grados por segundo con carga máxima de 300Lb, la angulación de este tipo de mesas de rayos x es de 105 grados, suponiendo que el eje horizontal corresponde a los cero grados, hacia un lado gira 15 y al otro 90 grados. La angulación es limitada por interruptores de fin de carrera que indican al control de la mesa cuando ha llegado al límite de la angulación.

Otro de los movimientos de la mesa es el desplazamiento horizontal, que posee

de igual manera unos interruptores de límite o fin de carrera. Los circuitos de angulación y desplazamientos se encuentran dentro de la mesa, y está protegidos para evitar que derrames de líquidos o que el medio de contraste causen cortos en sus componentes.

#### 4.5. GENERACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X

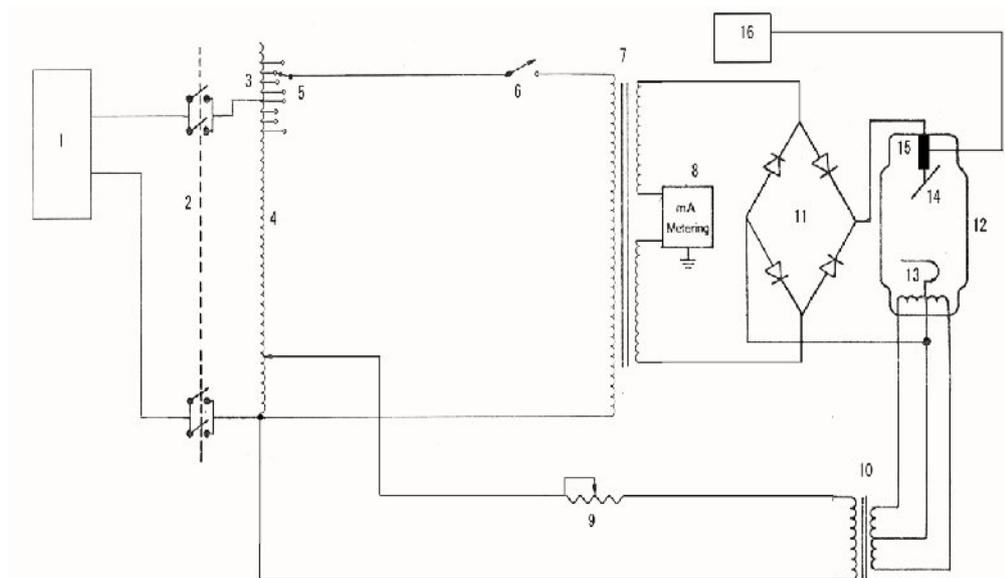


Figura 2 Esquema general para la generación de los rayos X.

En la figura 2 se observa un esquema general para la producción de rayos x, a continuación se muestran los nombres por cada uno de los números indicados en esta figura.

- Señal AC de entrada. (1)
- Contactor de entrada de línea. (2)
- Voltaje de línea de compensación. (3)
- Auto transformador. (4)
- Voltaje de control de rayos X. (4)
- Contactor de alimentación del primario del T.H.V. (5)
- Transformador de alta tensión. (6)
- Medidor de corriente. (7)
- Resistencia de filamento. (8)
- Transformador de filamento. (9)
- Rectificación. (10)

- Tubo de Rayos x. (11)
- Cátodo del tubo. (12)
- Ánodo del tubo. (13)
- Rotor. (14)
- Circuito de control de rotación. (15)

En la figura 2 se muestra un esquema general sin incluir los circuitos de seguridad, fuentes reguladas, ni perilla de selección; Estos bloques son importantes en la comprensión de la generación de un haz de rayos x. Cada bloque representa un circuito o conjunto de circuitos que realizan una función específica.

**4.5.1. Señal AC de entrada.** Esta parte corresponde a la señal de entrada o de alimentación la cual posee los fusibles que impiden que pase una corriente mayor a la permitida y está limitada básicamente por las características del transformador de alta tensión.

**4.5.2. Contactor de entrada de línea.** Este interruptor controla el paso de la corriente al auto transformador, este contactor depende de los circuitos de protección los cuales permiten que el contactor se abra en caso de que los valores de tensión, corriente y tiempo de exposición seleccionados, sobrepasen los límites permitidos por el tubo de rayos X. Dichos valores varían según el tubo de rayos X que posea el equipo.

**4.5.3. Voltaje de línea de compensación.** Esta etapa permite ajustar la señal que proviene de la entrada de línea y va al autotransformador, es muy importante ya que si el voltaje de entrada es distinto al adecuado las técnicas seleccionadas no corresponderán con el haz del rayo generado.

**4.5.4. Auto transformador.** La función principal del autotransformador es variar el voltaje que llega al transformador de alta tensión, estas variaciones de tensión permiten seleccionar diferentes técnicas en la exposición de los rayos x.

**4.5.5. Voltaje de control de rayos X.** En el tablero de control de un equipo de rayos x existe una perilla denominada KVp, con esta perilla, el operario del equipo puede seleccionar diferentes valores de tensión que llegan al transformador de alta tensión, esta variación de tensión se logra al seleccionar diferentes Taps del autotransformador.

**4.5.6. Contactor de alimentación del primario del T.H.V.** Son los circuitos que

permiten alimentar el primario del transformador de alta tensión; estos poseen, SCR, circuitos de control de disparo de los SCR, y una tarjeta que recolecta la información del tablero de control para la selección del tiempo en que se encuentran los SCR conduciendo. El tiempo en que se encuentran los SCR conduciendo es el mismo tiempo en que se genera el haz de rayos X (Tiempo de exposición).

**4.5.7. Transformador de alta tensión.** Estos transformadores son elevadores de tensión y poseen una relación fija de transformación que varía entre 1:400 a 1:1000, la función principal de este tipo de transformadores es generar una diferencia de potencial de unos miles de voltios que son necesarios para la generación de los rayos X.

**4.5.8. Medidor de corriente.** Este medidor de corriente permite indicar la corriente que consume el transformador de alta tensión; generalmente, este indicador muestra el producto entre la corriente y el tiempo de exposición, este producto -MAS- es útil a la hora de calibrar el equipo cuando se realiza un cambio de tubo.

**4.5.9. Resistencia de filamento.** La resistencia de filamento que se observa en la figura 2 sustituye el circuito que permite regular la cantidad de corriente que llega al filamento.

**4.5.10. Transformador de filamento.** Este transformador suministra un valor de tensión y corriente significativo para que el filamento llegue a la incandescencia.

**4.5.11. Rectificación.** La señal de tensión que sale del transformador de alta tensión es rectificadora para alimentar el tubo y generar el haz de rayos X.

**4.5.12. Tubo de rayos X.** El tubo de rayos X es el corazón del equipo, está constituido por una ampolla de vidrio a la cual se le realizó un vacío. Dentro de este tubo se encuentran dos electrodos (ánodo y cátodo), y además, el sistema de rotación del ánodo -cuando los tubos son de ánodo rotatorio-.

Estos tubos se encuentran embebidos en un aceite refrigerante dentro de un estuche de plomo el cual permite dirigir el haz de rayos X, evitando que se escapen y se dispersen.

**4.5.13. Cátodo del tubo.** El cátodo de un tubo de rayos X básicamente posee los

filamentos dentro del cual se generan y parten la nube de electrones que se dirigen al ánodo.

**4.5.14. Ánodo del tubo.** Los tubos de rayos X pueden ser de ánodo fijo o de ánodo rotatorio, la principal diferencia entre estos dos tipos de ánodos es que cuando se utiliza en ánodo rotatorio es posible obtener intensidades de rayos X mucho más grandes.

**4.5.15. Rotor.** Esta parte del tubo de rayos X es la que permite que el ánodo rote; la rotación del tubo comienza cuando se oprime un interruptor de rotación.

**4.5.16. Circuito de control de rotación.** Este circuito permite que cuando comience la rotación exista un cambio de tensión de 220Vac a 60Vac la primera tensión corresponde a la de arranque y la segunda es la tensión con la que se continúa la rotación, esta rotación no se detiene hasta que se suelte el interruptor de rotación. Dentro de estos circuitos se encuentra un sistema de protección que impide que se inicie la exposición sin que se haya iniciado la rotación.

## **5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

Dado que lo más importante en la práctica empresarial hace referencia a disminuir el tiempo en que los mantenimientos correctivos son llevados a cabo (ver anexo A), hay que desatacar cuatro actividades importantes; la asistencia y aprendizaje en los mantenimientos correctivos; el estudio de los planos del equipo; la actualización de los planos; y la aplicación de la información reunida a lo largo de la practica empresarial.

Gran parte de la atención dedicada en el trabajo desarrollado en la empresa, corresponde a los mantenimientos correctivos, en consecuencia, a lo largo de cada una de estas actividades se obtuvo mucha de la experiencia útil tanto para los mismos mantenimientos, como para el desarrollo y comprensión de las demás actividades planteadas en el plan de trabajo; y al mismo tiempo; ha permitido resolver y crear diferentes incógnitas.

Indiscutiblemente la familiarización con los planos del equipo representa una parte importante en el desarrollo del trabajo, y esto junto a la búsqueda de la información básica de los equipo de rayos X representada en la teoría, forman los cimientos de la practica empresarial.

Por otro lado es vital hacer énfasis en la revisión del equipo de rayos X DXR-750 II, esta se ha desarrollado siguiendo los planos del equipo y descartando las funciones o partes del equipo que se han suprimido, cabe rescatar que desde esta actividad que el tiempo libre del equipo se presenta como una limitante en el cumplimiento de las metas planteadas debido a su enorme volumen de trabajo.

Una vez reunida toda la información y experiencia con el equipo, la etapa o actividad final enmarca el análisis de todos estos datos, obteniendo como base fundamental, las secuencias de cada uno de los modos de trabajo del equipo, logrando con esto y el diseño del sistema de detección de errores, proporcionar herramientas más solidas para enfrentar los eventuales problemas con el equipo y demás equipos de rayos X en la empresa con características similares.

### **5.1. GENERALIDADES DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE RADIÓLOGOS ASOCIADOS S.A.**

Actualmente la empresa Radiólogos Asociados S.A. posee nueve sedes en

funcionamiento, cuatro de las cuales se encuentran ubicadas en Cartago y las otras cinco en la ciudad de Pereira.

Debido a que algunos de estos equipos son de fácil movilidad, en ocasiones, cuando se requiere reemplazar por daño uno de los equipos, si alguno de los otros equipos está disponible en otra sede, este se trasladada al lugar que sea requerido.

Desafortunadamente, mucha de la información requerida de los equipos no se encuentra en el departamento de mantenimiento, ni se poseen los conocimientos necesarios para dar soporte a dichos equipos, por tal motivo el planteamiento inicial de realizado de buscar una información completa de estos equipos no fue posible desarrollarse, a continuación se presentan algunos de los equipos más importantes en la empresa.

**5.1.1. RX – Fluoroscopia.** El corazón de estos equipos es el tubo de rayos X, este tubo es utilizado para generar haces de rayos X; cuando en el cátodo del tubo se generan electrones estos son acelerados hacia un objetivo que se encuentra en el ánodo, esta aceleración de los electrones es posible cuando se aplica una diferencia de potencia grande entre el ánodo y el cátodo. Debido a que este equipo es el objeto de trabajo de la práctica las especificaciones ha sido anexadas en la parte teórica.

**5.1.2. Digitalización.** En términos generales, la digitalización es un proceso mediante el cual se convierte en una imagen digital los rayos X que atraviesan los tejidos y huesos de un paciente e impactan en un chasis.

A continuación se presentan algunos componentes del sistema de digitalización, esta información es tomada de Agfa CR Digitizers User Documentation.

**5.1.2.1. CR 75.0 Digitizer.** La función principal del digitalizador CR 75.0, indicado en la figura 3, es la de transformar la información contenida en la placa de imagen expuesta al haz de rayos X; para esto, convierte dicha información en datos digitales y transfiere automáticamente la imagen a la estación de procesamiento, una vez digitalizada la imagen contenida en el chasis, este es devuelto al dispensador de salida para ser utilizado en nuevas exposiciones.



Figura 3. CR 75.0 Digitizer  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

Según la intensidad con la que los rayos X hayan afectado al fósforo durante la exposición, se emitirá más o menos luz durante la digitalización con láser. La luz se convierte en una señal eléctrica y esta a su vez en un flujo digital de bits. Después de su conversión a formato digital, la imagen digitalizada se transfiere a la estación de procesamiento de imágenes para otras operaciones de procesamiento.

El CR 75.0 borrar de nuevo una placa de imagen antes de volver a utilizarla; esa operación es necesaria para impedir que imágenes fantasma causadas por exposiciones anteriores o radiaciones parásitas interfieran con una nueva imagen. Puede borrar en serie hasta 9 placas de imagen.

#### 5.1.2.2. CR User Station



Figura 4. Estación de usuario CR  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

En la estación, las imágenes digitalizadas son recolectadas, procesadas y mostradas en pantalla, para que el técnico a cargo de la toma de radiografías modifique la imagen según vea necesario.

### 5.1.2.3. Chasis ADC Compact y placa de imagen

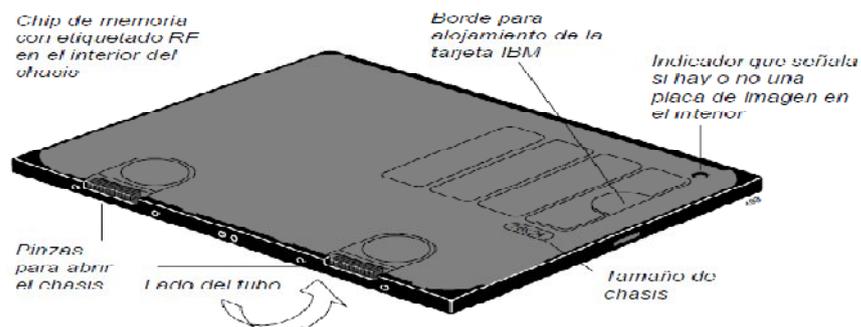


Figura 5. Chasis ADC Compact  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

El chasis y la placa ADC Compact son compatibles con las mesas de rayos X existentes. El equipamiento y la rutina de las exposiciones no tienen que ser modificadas al pasar del sistema de tratamiento de imágenes convencional al digital. Aunque compatible con el equipamiento de rayos X existente, un chasis ADC Compact es bastante diferente a un chasis convencional. La diferencia más importante radica en el interior, en el receptor de imagen, ya que este no consiste en una película, sino en una placa de imagen que puede ser reutilizada cientos de veces.

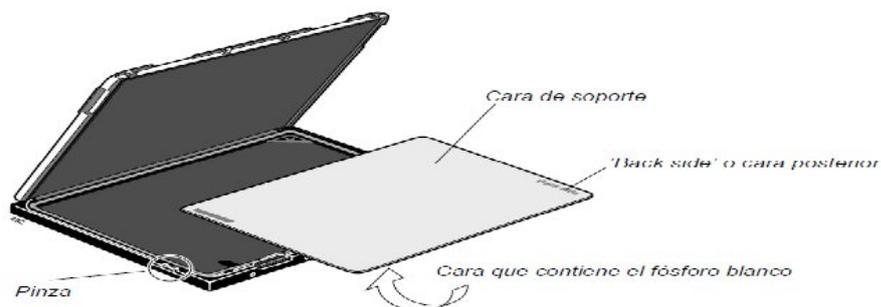


Figura 6. Placa de imagen  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

El modo en que dicha placa de imagen se coloca en el interior del chasis es de suma importancia. Existe una cara que contiene el fósforo blanco la cual debe estar orientada hacia el lado del tubo negro del chasis; mientras que la otra cara, la de soporte, indicada mediante en la figura 6, se orienta hacia el lateral rojo del chasis.

**5.1.2.4. Lectura de una placa de imagen.** Para leer una o más placas de imagen es necesario asegurarse de que el chasis haya sido identificado correctamente mediante la ID Station, además, el indicador de estado situado en la parte superior del CR 75.0 debe mostrarse en color verde fijo o parpadeante como se indica en la figura 7;



Figura 7. Pantalla de visualización del CR 75.0  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

El CR 75.0 podrá comenzar a funcionar si el campo del estado indica 'LISTO', aun cuando aparezcan mensajes de estado del aparato.

#### **5.1.2.5. Dispensador de entrada del digitalizador.**

En la figura 8 se observa el dispensador de entrada del digitalizador indicado en la figura 3, en él se pueden insertar hasta diez chasis de igual o distinto tamaño, estos chasis deben ser colocados en la bandeja de entrada con la abertura hacia abajo.

Los chasis se introducen automáticamente en el digitalizador, al entrar uno de ellos se lee la placa de imagen y se reenvían los datos digitales a la estación de previsualización para una comprobación preliminar rápida y, a continuación, a la estación de procesamiento de imágenes.

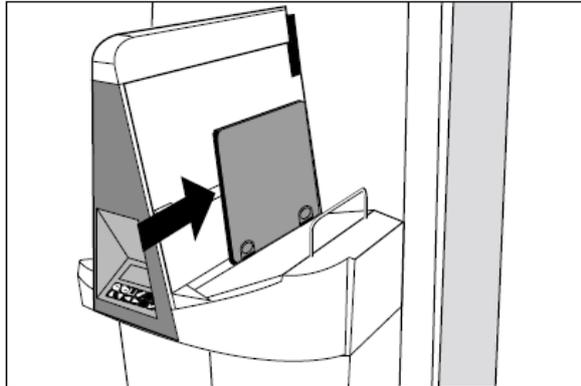


Figura 8. Chasis en el dispensador de entrada del digitalizador  
(Fuente: Manual de uso de Agfa CR75)

Cuando el CR 75.0 haya procesado el chasis, mostrará en la pantalla principal del operador la imagen digitalizada, quedando el chasis listo para utilizarse en el dispensador de salida de digitalizador.

### **5.1.2. Ecógrafo.**

El ecógrafo utiliza las ondas sonoras de alta frecuencia para generar imágenes al recibir el eco producido de los órganos y formaciones dentro del cuerpo como el hígado, riñones corazón; una de las principales funciones es el monitoreo de los fetos en las mujeres embarazadas. Estos ecos generados son recibidos por un transductor que se encarga de entregar los datos recogidos al computador para ser procesados.

A continuación se muestran algunas de las características del ecógrafo General Electric Logiq P5 BT'08, estos datos son obtenidos del manual de usuario del equipo.

La mayor característica a resaltar de este ecógrafo es su tecnología TruScan, con esta, los datos de los ultrasonidos son adquiridos y almacenados sin procesar, de esta forma las imágenes resultantes pueden verse, medirse, optimizarse y analizarse desde el sistema o la estación de trabajo en cualquier momento, sin perder la calidad de imagen original.

Conformado por aplicaciones de producción de imágenes avanzadas (como

Imágenes con reducción de manchas de alta definición, imágenes CrossXBeam™ e Imágenes 4D).

Los estudios que permite realizar el equipo son: abdominal, Vascular, Obstétrico, Ginecológico, Pediátrico, Neonatal, Urológico, Musculoesquelético, Transcraneal, Partes Pequeñas, Intraoperatorio, Cardiología transtorácica adulto y pediátrica.

#### **5.1.2.1. Software y herramientas.**

**5.1.2.1.1. Virtual Convex.** Permite aumentar el campo de visión de los transductores para cubrir estructuras de mayor tamaño.

**5.1.2.1.2. Cross Beam.** Genera múltiples disparos de ultrasonido mejorando el contraste y la resolución de bordes en la imagen.

**5.1.2.1.3. Speckle Reduction Imaging (SRI).** Software que reduce el ruido speckle inherente a la imagen y mejora la resolución de la imagen.

**5.1.2.2.1. Easy 3D.** Software para la adquisición de imágenes volumétricas utilizando la técnica free hand.

**5.1.2.2.2. B Flow.** Esta herramienta de software permite visualizar sin utilizar doppler los estudios hemodinámicos.

**5.1.2.2.3. LOGIQView.** Con este software se puede realizar una adquisición continua de la imagen permitiendo ver en la pantalla órganos de gran tamaño. Se aplica en exámenes mama, tiroides y musculo esquelético,

**5.1.2.2.4 Modo M anatómico.** Software con el cual se puede realizar una corrección en este modo de acuerdo a la verdadera ubicación del corazón para realizar medidas reales y no aproximadas.

**5.1.2.2.5 CW Doppler.** Modo de trabaja para la realización de exámenes cardiológicos.

Otros datos importantes referentes a este equipo se pueden apreciar en las tablas 7, 8.

Tabla 7. Dimensiones y peso del ecografo

DIMENSIONES	cm
Altura	135/141 cm
Ancho	43 cm
Profundidad	64 cm
Peso	Aprox. 75 Kg

(Manual de usuario ecógrafo General Electric Logiq P5 BT'08)

Tabla 8. Alimentación eléctrica del ecografo.

Voltaje de entrada	100/120 VAC 220/240 VAC
Frecuencia	50/60 Hz
Potencia	Máx. 750 VA con accesorios y periféricos conectados
Salida térmica	Máx. 2200 BTU/hora

(Manual de usuario ecógrafo General Electric Logiq P5 BT'08)

## 5.2. DOCUMENTACIÓN, CONSULTA DE BIBLIOGRAFÍA

Para cumplir con el objetivo planteado se procedió a buscar un soporte bibliográfico para sustentar los conceptos referentes al sistema de producción de rayos X. Junto con la guía del usuario del equipo de rayos x DXR 750II el soporte bibliográfico ha permitido reforzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la práctica empresarial. Esta información ha sido anexada en el marco teórico.

## 5.3. MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS EQUIPOS RX Y FLUOROSCOPIA

Los mantenimientos correctivos y preventivos han sido de gran ayuda en la comprensión del funcionamiento de los equipos de rayos X, de igual modo, con estas actividades se logra participar en los diferentes problemas de los equipos; de esta forma se adquiere destreza en lectura de planos, puntos de medición más importantes, y cuidados a tener en cuenta.

A continuación se presentan las actividades más importantes que se han realizado a lo largo de la práctica y que están relacionadas con los mantenimientos correctivos de los equipos de rayos X.

### **5.3.1. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 1).**

**Ubicación:** Sede los Rosales (Pereira, Risaralda).

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 550, modos de trabajo RAD, FL, SF.

**5.3.1.1. Observaciones de la actividad.** En el momento del mantenimiento correctivo se considero el cambio del tubo por uno de repuesto, se tomo la decisión de hacer el cambio debido por considerar que su tiempo de uso sobrepasaba lo esperado, sin embargo, después de realizar el cambio el problema con el equipo continuo.

Los pasos seguidos en el cambio del tubo de rayos X se resumen a continuación.

- Apagado del equipo.
- Desconexión de los cables de Ánodo, Cátodo, y rotor.
- Se retiró el tubo.
- Montaje del tubo nuevo.
- Reconexión de los cables de Ánodo, Cátodo, y rotor.
- Calibración del tubo nuevo.

Como se indicó anteriormente después del cambio del tubo se realizaron algunas pruebas de funcionamiento del equipo en modo RAD, sin embargo, después de seis intentos correctos el equipo se apago de nuevo.

### **5.3.2. Mal funcionamiento en modo RAD (Continuación caso 1).**

**Ubicación:** Sede los Rosales (Pereira, Risaralda).

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 550, modos de trabajo RAD, FL, SF.

**5.3.2.1. Observaciones de la actividad.** A partir de la actividad desarrollada en el punto 5.3.1., se encontró una intermitencia en el funcionamiento del equipo solo en modo RAD, cuando el equipo estaba en los modos SF y FL el equipo se comportaba correctamente, a partir de teste hecho se descarta la posibilidad de que el problema provenga de los circuitos de alimentación del rotor, filamento, timer y otros.

Por otro lado, a pesar de haber cambiado el tubo de rayos x para el modo de trabajo RAD, no se sabía si el problema provenía del tubo o de las tarjetas de control para el modos de trajo RAD, por este motivo, se procedió a comprobar el funcionamiento del tubo de arriba, para esto se cambian los cables alta tensión que llegan al ánodo y al cátodo, así como los cables del rotor por los cables que llegan al tubo de los modos de trabajo FL y SF, una vez hecho este cambio, se procedió a trabajar el equipo en modo FL, dando como resultado, un correcto funcionamiento al poder observar en la pantalla una imagen de los rayos X de un objeto de prueba.

Si se llegara a ver la imagen del objeto bajo los rayos x, se podrá determinar que el problema no corresponde al tubo.

Después de realizar el cambio del tubo no se observo ninguna imagen en la televisión, de esta forma, se determino que el tubo de repuesto estaba dañado. Este mismo proceso se realizo para el tubo que tenía anteriormente el equipo y al observar en la pantalla de televisión la imagen, se puede descartar que la falla correspondiera al tubo.

Posteriormente se procede a mirar otras señales pertenecientes a los circuitos de rotor, timer, entre otros; y después de obtener los resultados se determinó que dichas tarjetas funcionan correctamente, no obstante, al encontrar que el equipo no poseía el circuito de protección de rotación, se encontró que uno de los cables que llegan al rotor en modo RAD estaban haciendo mal contacto.

Una vez encontrado este desperfecto se cambiaron los cables del rotor y el equipo funcionó correctamente. Desafortunadamente el hacer una exposición cuando no hay rotación del ánodo genera deterioro o daños irreparables en el tubo de rayos X.

### **5.3.3. Bucky de mesa no funciona (Caso 1).**

**Ubicación:** Sede Clínica Norte (Cartago, Valle del Cauca).

**Características:** Equipo de rayos X General Electric KXD 325, modos de trabajo RAD, FL, SF.

**5.3.3.1. Observaciones de la actividad.** Uno de los motores que permiten mover la rejilla del Bucky se quemó junto con el circuito control; para mayor facilidad y teniendo en cuenta que la sede se encuentra muy lejos, se decidió cambiar todo el Bucky y después se realizaron las reparaciones en la sede principal.

### **5.3.4. Mal funcionamiento mesa de rayos X (Caso 1).**

**Ubicación:** Sede Clínica Risaralda (Pereira, Risaralda).

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 550, modos de trabajo RAD, FL, SF.

**5.3.4.1. Observaciones de la actividad.** El problema encontrado corresponde a que la mesa no responde a ninguno de los movimientos. Se aprecia que los cables se encuentran quemados debido a un corto ocasionado por la existencia de medio de contraste en las tarjetas y circuitos de control que permiten la angulación y el desplazamiento.

Para solucionar este percance se necesitó cambiar parte del cableado que se encontraba quemado, y desmontar las tarjetas, motor y reductor, a fin de retirar el medio de contraste indeseado. En el proceso algunos de los cables se confundieron y fue necesario recurrir a los planos de la mesa Monitrol 15.

### **5.3.5. Calentamiento excesivo tubo rayos X (Caso 1).**

**Ubicación:** Sede principal (Pereira, Risaralda).

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 550, modos de trabajo RAD.

**5.3.5.1. Observaciones de la actividad.** El problema encontrado corresponde a que el tubo de rayos X eleva su temperatura excesivamente.

El circuito de rotación del tubo de ánodo rotatorio permite que en el momento previo de hacer una exposición de rayos X el ánodo de tubo de alcance las 3600 rpm al aplicar una tensión de 220vac durante un segundo y continua con una tensión de 60Vac para mantener dicha rotación, no obstante, estas señales se tensión solo se aplican al rotor del tubo solo en el momento en se accione un interruptor. En el momento de encender el equipo, existía permanentemente una tensión en el rotor del tubo, por lo tanto, el rotor se encontraba trabajando constantemente, motivo por el cual la temperatura del tubo se elevaba.

Para eliminar la tensión de 81Vac que le llegaban al tubo de rayos x constantemente, se procedió a desconectar el circuito de rotación, limpiar los contactares y revisar el circuito en busca de posibles soldaduras frías o daños en sus componentes.

### **5.3.6. Imagen defectuosa de la pantalla fluoroscopica (Caso 1).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 550, modos de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede clínica los Rosales (Pereira, Risaralda).

**5.3.6.1. Observaciones de la actividad:** el problema encontrado corresponde a que la imagen proveniente del intensificador sale borrosa y descuadrada.

Actualmente la cámara que se utiliza para recoger las imágenes producidas por el haz de rayos x es muy vieja, pesada y presenta defectos en la emisión de la imagen a la pantalla. Debido al constante movimiento del intensificador, es común que se desajuste y muestre al operario del equipo una imagen distorsionada.

Se procedió a ajustar la cámara de rayos x, no obstante queda pendiente el

cambio de esta por una nueva y menos pesada.

**5.3.7. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 1).** Acople mesa Siemens con control General Electric. Para esta sede se ha instalado en el cuarto de rayos X un equipo formado por una mesa Siemens y un centro de control General Electric, para tal motivo, para el acople de estos dos equipos fue necesario recurrir a los planos de cada uno de ellos en busca de los puntos de conexión adecuados.

Para el 30 de Noviembre del año 2009, aun no se podía trabajar en la instalación del equipo por inconvenientes con la energía eléctrica, hasta el 7 de Diciembre no se autoriza a la empresa radiólogos Asociados S.A. para tomar la energía de un transformador de 225KVA.

### **5.3.8. Instalación Bucky mural (Caso 1).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric KXD – 24., modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Hospital de Cartago (Cartago, Valle del Cauca).

**5.3.8.1. Observaciones de la actividad.** La tarea primordial a desarrollar correspondió en la ubicación de los puntos de conexión necesarios en la instalación del Bucky y la conexión del equipo al control.

Un hecho importante para el montaje del Bucky es la forma como se lleva a cabo la exposición; después de darle al equipo la orden de hacer la exposición, al bucky le llega una señal para el comienzo del movimiento de la rejilla que permite el filtrado de radiaciones secundarias, cuando hace esto, acciona un interruptor que permite el paso de la corriente a los otros circuitos para hacer la exposición de los rayos X.

En el proceso de la instalación se presentó un inconveniente con el funcionamiento del equipo, él rotaba pero no hacía la exposición; esto fue ocasionado por un interruptor electromagnético dañado, este interruptor sirve para garantizar que la puerta de la sala de rayos X se encuentre cerrada a la hora de hacer una exposición, para encontrar esta falla fue necesario comprender cuáles relés se accionan y en qué secuencia lo hacen al momento de hacer la exposición.

del haz de rayos X.

### **5.3.9. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 2).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS – 525., modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Cuba, aun no en funcionamiento.

**5.3.9.1. Observaciones de la actividad.** La actividad principal que se ha desarrollado en la sede Cuba corresponde a la comprobación de las funciones principales de la mesa Siemens del equipo de rayos x; estas etapas son la angulación, el desplazamiento y el Bucky de mesa. Los pasos que se siguieron para la revisión de la angulación de la mesa y el Bucky son:

- Lectura y comprensión de los planos.
- Revisión de las conexiones del equipo.
- Identificación de los cables en los paneles de conexión para el acople de las demás partes del equipo.
- Comprobación del funcionamiento.

### **5.3.10. Instalación equipo de rayos X sede Cuba (Caso 3).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS – 525., modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Cuba, aun no en funcionamiento.

**5.3.10.1. Observaciones de la actividad.** En el montaje del equipo de RX de esta sede hay que resaltar que para lograr la puesta en marcha de este equipo se siguió el siguiente orden.

- Funcionamiento Bucky de mesa.
- Funcionamiento Angulación de la mesa.

Cableado entre las tarjetas de conexión de la mesa, transformador de alta tensión y control del equipo de rayos X.

Prueba de funcionamiento del equipo. En esta etapa en lugar de conectar el equipo al primario del transformador de alta tensión, se utilizaron dos bombillos incandescentes de 100W conectados en serie, los cuales reemplazan el primario del transformador de alta tensión. Esto se realiza con el fin de no hacer las pruebas iniciales con el transformador y el tubo. La señal máxima de tensión que llega a estos bombillos es de aproximadamente 220Vac, este valor depende del Kilivoltaje deseado en la exposición del haz de rayos X.

La luz del colimador es utilizada para indicarle al tecnólogo que opera el equipo, el área sobre la mesa que impactara el haz de rayos X y de esta forma poder centrar al paciente con el chasis. La tarea realizada es el diseño y montaje de una tarjeta que permite por un intervalo de 40 segundos energizar un bombillo halógeno de 12 voltios.

Se conecta el primario del transformador de alta tensión con lo que se procede a calibrar el equipo y posteriormente si el equipo está funcionando de acuerdo a la técnica seleccionada.

### **5.3.11. Mal funcionamiento selector KVp (Caso 1).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS - 550., modos de trabajo RAD, SF, FL.

**Ubicación:** Sede los Rosales. (Pereira, Risaralda)

**5.3.11.1. Observaciones de la actividad.** El equipo se apagaba constantemente sin importar la técnica seleccionada. Se revisó la continuidad de los cables de alta tensión que llegan al ánodo y cátodo así como los cables del rotor; al ver que no existían cables rotos, se revisaron los contactores de los relés se energizan cuando se va a hacer la rotación y estos se energizaron todos correctamente y en la secuencia adecuada.

Uno de los contactores de seguridad que indica una corriente alta en el tubo de rayos X se energizaba en el momento de hacer una exposición, esto condujo a

sospechar que el problema se debía a fallas en el tubo de rayos X, por lo tanto, se procedió a calibrar el tubo de nuevo para todas las técnicas, después de hacer esto el equipo funcionó normalmente; se realizaron varias exposiciones y uno de los tecnólogos de rayos x tomo una placa a un paciente y esta salió correcta.

### **5.3.12. Corto equipo de rayo X (Caso 1).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric KXD 325., modos de trabajo RAD, SF, FL.

**Ubicación:** Clínica Norte (Cartago, Valle del cauca).

**5.3.12.1. Observaciones de la actividad.** Al llegar al equipo se procedió a revisarlo en detalle, posteriormente, se encontró que el problema principal se encontraba en uno de los cables de alta tensión que salen del cátodo del transformador de alta tensión.

Para atender a este caso fue necesario reemplazar el cable por completo.

Es importante destacar en este caso que el lugar en el que se encuentra el corto del cable no frecuenta algún tipo de manipulación o movimiento ya que este se encuentra dentro de la coraza protectora del transformador, por lo tanto el problema principal del corto no necesariamente se deba a problemas en el cable.

Para comprobar que el equipo no sufrió ningún tipo de daño en las demás tarjetas del equipo, se revisaron cada una de ellas.

Después de no encontrar ninguna anomalía en las tarjetas del equipo, y ya que este posee dos tubos de rayos X, se suspendió el tubo de arriba de la mesa que es el que presentaba problemas en el cable del cátodo, de esta forma, se probó el tubo de debajo de la mesa y se pudo observar que no estaba funcionando bien ya que no está mostrando en modo fluoroscopia la imagen correspondiente al objeto a analizar en la pantalla del cuarto.

Al hacer la prueba del tubo de debajo de la mesa se detectó que el transformador generaba un ruido extraño, por lo tanto se sospecho de posibles fallas del

transformador de alta tensión.

Siguiendo con las pruebas, se retiró el cable dañado, y otro fue colocado en su lugar, se probó el funcionamiento del equipo y como resultado se generó el haz de rayos X, sin embargo, las técnicas con las que se genera el rayo se encontraban desajustadas.

En cuanto a los problemas con el tubo debajo de la mesa radiográfica, se reemplazaron unos fusibles que se encontraban dañados y el tubo generó correctamente el rayo, sin embargo, hay que resaltar que según uno de los tecnólogos que trabaja con el equipo, el seriógrafo estaba fallando desde hace unos días atrás y no se había informado al departamento de mantenimiento, por este motivo, no se sabe si los problemas encontrados con el seriógrafo y tubo de debajo de la mesa, corresponden al corto presentado u otro problema, sin embargo se revisó el equipo en busca de anomalías y no se encontró ninguna.

### **5.3.13. Colimador rayos X portátil.**

**Características:** rayos X portátil, GENERAL ELECTRIC, KXD 325.

**Ubicación:** Sede Clínica Comfamiliar (Pereira, Risaralda)

**5.3.13.1. Observaciones de la actividad.** La mayoría de los equipos en la empresa se encuentran a cargo de entidades que presentan el servicio de mantenimiento, o como en el caso de este equipo se encuentran en garantía, por eso, cuando se realizó el mantenimiento correctivo se contactó con la persona a cargo, sin embargo por ser días feriados informaron que este mantenimiento se demoraría un poco, pero permitieron que el departamento de mantenimiento de Radiólogos Asociados realizara las verificaciones necesarias al equipo.

El colimador permite regular la zona en la que el haz de rayos X impactará; la luz del colimador permite al operario establecer y fijar esta zona para tomar la radiografía, por lo tanto, la luz del colimador y el haz de rayos X deben estar alineados y funcionando adecuadamente, de lo contrario se puede tomar la radiografía en el lugar equivocado.

El mantenimiento correctivo se realizó de la siguiente forma:

Análisis del funcionamiento de la luz del colimador. En este paso se encontró una tarjeta regulaba el tiempo que duraba encendida la luz del colimador, una de las señales es la de alimentación 20vac, otra proviene de un pulsador y por último se encuentra la señal de salida que es equivalente a la de alimentación.

Revisión de las señales que llegan y se derivan de la tarjeta, la señal de alimentación correspondía a la adecuada, sin embargo el pulsador se quedaba pegado y no regresaba a su estado normalmente abierto, además, la señal de salida permanecía en 0v.

Se retiró la tarjeta, se buscó repararla pero al no conseguir los elementos exactos fue necesario enviarla a la empresa encargada del equipo, se reparó el interruptor de entrada.

#### **5.3.14. Corto equipo de rayo X (Caso 2).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXR 750 II, modos de trabajo RAD, SF, FL.

**Ubicación:** Sede Principal, (Pereira, Risaralda)

**5.3.14.1. Observaciones de la actividad.** Al revisar el equipo en busca del corto, inicialmente se encontró que este provenía del seriógrafo, por tal motivo, se revisó el funcionamiento del equipo, y se comprobó que ni las divisiones del chasis, el switch de transfer y el switch de exposición en modo spot film y fluoroscopia estaban funcionando; sin embargo; la rotación y angulación de la mesa estaban operando correctamente.

En la búsqueda de los daños ocasionados, se encontró que uno de los transformadores que alimentan los frenos y el seriógrafo de la mesa, se encontraba quemando, sin embargo, para esta actividad no se encontró la fuente del corto, por este motivo, se suspendió el equipo para trabajos en modo FL, hasta la corrección del desperfecto.

#### **5.3.15. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 2).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric KXD 325, modos de trabajo RAD, FL, SF.

**Ubicación:** Sede Hospital de Cartago (Cartago, Valle del Cauca).

**5.3.15.1. Observaciones de la actividad.** El equipo presenta intermitencia en la generación del haz de rayos X al seleccionar en la perilla del KVp mayor, los valores de tensión de 70, 60 y 50 KVp cuando se trabaja en modo RAD.

En una de las primeras visitas se cambio uno de los interruptores de la puerta que estaba presentando fallas, estos interruptores electromagnéticos son utilizados para evitar que los tecnólogos se expongan en la emisión de los rayos X, y son ubicados en las puertas plomadas para así asegurar que estas sean cerradas adecuadamente, si estos interruptores se dañan no es posible generar el haz de rayos X.

Este problema con el equipo no era el único ya que días posteriores registraron los tecnólogos que el equipo seguía teniendo problemas e indicaron que se encontraba intermitente (en algunos momentos permite hacer la exposición y en otros no), especialmente cuando se seleccionaban las tensiones de 50KVp, 60KVp, y 70KVp. Después de revisar el equipo se llego a la conclusión de que el problema principal provenía del selector con el que se escoge el KVp; debido a que estos equipos hasta el momento no se les están realizando los mantenimientos preventivos, muchos de los componentes dejan de funcionar correctamente por la cantidad de polvo y fluidos acumulados. El equipo no se reparo en el momento a la espera del repuesto.

### **5.3.16. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 3).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXR 750 II, modos de trabajo RAD, SF, FL.

**Ubicación:** Sede Principal, (Pereira, Risaralda)

**5.3.16.1. Observaciones de la actividad.** La tarjeta 24 (Protector de tubo) permite al equipo saber cuando la corriente que pasa por el tubo excede los límites de mA (miliamperaje) permitidos, cuando se energiza el relé 24K12 se indica que hay sobrecarga y el equipo no genera los rayos x; de esta forma es necesario que el operario del equipo no exceda los límites permitidos, para esto

cada equipo tiene los valores para escoger en cada examen, sin embargo, este relés se estaba energizando todo el tiempo aun trabajando el equipo con técnicas bajas.

Después de seleccionar técnicas bajas y deshabilitado el contactor de seguridad se comprobó que los valores generados por el equipo son los adecuados, por lo tanto, no existía problemas en el tubo de rayos X, sino en la tarjeta número 24, se reemplazo la tarjeta y el equipo funciono adecuadamente. Sin embargo hay que tener en cuenta que no se han ajustado los límites de miliamperaje y es necesario hacerlo para evitar que se dañe el tubo.

En la tarjeta número 24 se encuentra el relé 24K12 el cual no funcionaba bien, ni siquiera, permitía el paso de la corriente en uno de los cotactos normalmente cerrado, este contactor al encontrarse abierto impide que se genere el haz de rayos X, ya que no se energiza la bobina del relé que da comienzo a la exposición.

#### **5.3.17. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 4).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS - 550., modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Principal, (Pereira, Risaralda)

Después de revisar el equipo se encontró que uno de los relés no estaba funcionando adecuadamente, este se reparó y el equipo funcionó adecuadamente.

#### **5.3.18. Corto equipo de rayo X (Continuación caso 2)**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXR 750 II, modos de trabajo RAD, SF, FL.

**Ubicación:** Sede Principal, (Pereira, Risaralda)

Uno de los motores que selecciona el lugar donde se ubica la imagen de la placa de rayos x se ha quemado.

El seriógrafo posee dos motores uno de ellos estaba dañado, esto generó que el transformador principal que alimenta el seriógrafo e intensificador se quemara, hay que resaltar que el fusible de protección que tenía era de 10A y se recomendaba uno de 3A.

Para cambiar el motor dañado fue necesario tener en cuenta que este varía la secuencia de conexión que permite seleccionar las diferentes divisiones de la placa de rayos X, estas divisiones pueden ser: Placa completa, cuatro divisiones, dos divisiones verticales y dos divisiones horizontales.

### **5.3.19. No hay exposición con el foco largo.**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric KXD - 24, modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Hospital de Cartago (Cartago, Valle del Cauca)

**5.3.19.1. Observaciones de la actividad.** El foco largo hace referencia al cátodo del tubo de rayos X y en él se encuentran los filamentos (largo y corto) que se calientan para generar los electrones que han de ser atraídos hacia el ánodo del tubo para la generación del haz de rayos X.

El equipo no dispara cuando se selecciona el foco largo, sin embargo, al primario del transformador de filamento (puntos XC y XL) le llega una tensión 110V cuando se da la orden de rotación, por tal motivo, se descarta que el problema provenga de una de las tarjetas del control.

Según las pruebas realizadas al equipo, el error se encontraba desde el transformador hasta el tubo de rayos X, por este motivo se procedió a medir la continuidad en el cable de alta tensión y en el filamento largo del tubo de rayos X, al encontrar que sí había continuidad en estas dos pruebas, se conectó el cable de alta tensión de cátodo una vez más con lo cual se encontró que el equipo estaba funcionando correctamente, con esto se descartaron problemas con el transformador de alta tensión y se concluyó que después de las reformas realizadas en el cuarto de rayos X en días anteriores, no conectaron correctamente los cables de alta tensión del cátodo y por con el movimiento del

tubo se dejó de hacer contacto entre el terminal del cable y el cátodo del tubo.

### **5.3.20. Mal funcionamiento en modo RAD (Caso 5).**

**Características:** Equipo de rayos X General Electric DXS 525, modo de trabajo RAD.

**Ubicación:** Sede Hospital de Cartago (Risaralda)

**5.3.20.1. Observaciones de la actividad.** El equipo de rayos X de la sede cuba para este mantenimiento correctivo presentó diferentes inconvenientes, estos se describen a continuación.

El relé 32RE4 es el que da la orden para el comienzo de rotación, si no se encuentra energizado, tanto el circuito de exposición como el de filamento no trabajan; una de las fallas del equipo se centraba en este relé ya que algunos de sus contactos no cerraba al energizarse; una vez solucionado este percance la rotación del tubo es satisfactoria.

Para comprobar el funcionamiento del rotor se realiza dando la orden de rotación y midiendo entre dos de los terminales que llegan al rotor del tubo, aquí se debe medir una tensión de 230Vac y en un segundo caer a 58Vac.

La razón por la cual el equipo se apagaba, es causado por uno de los terminales del contactor del relé de entrada de línea que no estaba haciendo buen contacto, este terminal fue soldado a la bobina del relé; posteriormente se realizaron diversas pruebas y el equipo no se apagó.

El transformador indicado en la figura 9, posee la opción de trabajar con dos tubos uno de ellos para fluoroscopia y el otro para rayos X convencional, al elegir una de las dos opciones, internamente el transformador de alta tensión utiliza dos solenoides que se encargan de mover una parte mecánica que comunican los devanados con los terminales externos del transformador.

El transformador de alta tensión como el control son de diferentes marcas, y para poner en marcha el equipo fue necesario realizar modificaciones en las dos partes, una de estas modificaciones realizadas (*en el transformador*) es que el solenoide que trabaja con el tubo de arriba de la mesa (*rayos X convencional*) fue

alimentado directamente con 120 Vac cuando se encendía el equipo, sin embargo, este solenoide comenzó a tener conflictos y dejó de funcionar, por este motivo fue necesario destapar el transformador para deshabilitar los solenoides y fijar el transformador en una sola posición sin que se requiera energizar uno de los solenoides.

Para saber que el problema se encontraba en el transformador se desmontó una parte del tubo de rayos x para ver si al dar la orden de rotación los filamentos del tubo se podían ver a simple vista (*estos se calientan para generar la nube de electrones que serán arrastrados hasta el ánodo del tubo*). Otra pista que indicó el daño en el transformador se debió que cuando se energizan los solenoides se escucha un sonido agudo proveniente de las partes mecánicas chocando con los terminales de fluoroscopia o rayos x convencional.



Figura 9. Transformador de alta tensión sede cuba.  
(Fuente de datos propios)

#### 5.4. ESTUDIO EQUIPO DXR – 750 II

Para el diseño del sistema de detección de errores se ha de tener en cuenta la unidad de control, unidad de poder, transformador de alta tensión para ánodo, y el transformador de alta tensión para cátodo. A continuación se muestran las pautas que han servido para escoger las señales a censar en el diseño del sistema de detección de errores.

Es necesario tener cuidado cuando se va a hacer una exposición, ya que se requiere verificar que el ánodo del tubo de rayos x este rotando; en los mantenimientos esta comprobación se tiene en cuenta inicialmente con solo escuchar un sonido característico y que es producido por el rotor del tubo de rayos

x, o midiendo la caída de tensión de 220 a 82 voltios entre los puntos 88 y 90 de la tarjeta 20TB1.

Los mantenimientos correctivos que se llevan a cabo son visuales, pues la mayoría de los componentes que se encuentran en este equipo son relés y como se conoce la secuencia con la que estos cambian de estado es posible seguir un camino para encontrar el lugar en el que se encuentra la falla.

Los relés cambian de estado dependiendo de cinco cambios que se realizan en la unidad de control.

- Orden de exposición.
- Orden de rotación.
- Cambio de técnica (selección de kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición).
- Encendido del equipo.
- Selección del tubo de rayos x con el cual se hace la exposición. (Esto comprende los selectores de miliamperaje, tiempo, y kilovoltaje).

Los planos que componen el equipo de rayos X DXR 750 II son ocho y representan el funcionamiento interno del equipo.

Una descripción de cada uno de los planos se muestra a continuación, no se especifican en detalle el funcionamiento de los circuitos, sin embargo, en el desarrollo del sistema de detección de errores se muestra la secuencia de actividad para cada uno de los modos de trabajo del equipo.

**5.4.1. Power circuit, coordenadas de la 1 a la 28.** La función principal del circuito comprendido en estas coordenadas, es la de permitir el paso de la señal de tensión desde la entrada de línea hasta el tubo de rayos X. En este circuito se encuentran los SCR's que cortan o dejan pasar la señal de tensión que llega al primario del transformador de alta tensión, esta señal de tensión varía con un autotransformador de acuerdo al Kilovoltaje que se ha seleccionado en la unidad de control.

Los transformadores poseen tres salidas para tubos de rayos x, y en este plano se encuentran los relés que hacen la selección del tubo a utilizar.

**5.4.2. Switching circuits. Coordenadas de la 29 a la 60.** Estos switches son los encargados de controlar la iniciación de una exposición de rayos X, energizar los relés para el comienzo de la rotación, permiten seleccionar el número de fases que llegan al transformador de alta tensión; este circuito controla la selección de los tubos de rayos X mediante el cambio de estado de los relés energizando o desenergizando las bobinas.

**5.4.3. Radiographic interval timer. Coordenadas de la 61 a la 104.** La principal función de este circuito es impedir la saturación del transformador, garantizar el comienzo y final de una exposición de rayos x y habilita los drivers de los SCR's para hacer la exposición.

**5.4.4. Servo driver. Coordenadas de la 105 a la 129.** En este plano se encuentran los circuitos encargados de controlar el giro del variac y posicionar las escobillas, de esta forma cuando se trabaja con el tubo de rayos X se puede variar la tensión entre el ánodo y el cátodo.

**5.4.5. Filament and space charge compensation. Coordenadas de la 130 a la 157.** El circuito de filamento y control de carga espacial garantiza que al filamento del tubo de rayos X al momento de una exposición genere cierta cantidad de electrones que viajaran del cátodo al ánodo del tubo de rayos X. La compensación de carga espacial sirve para tomar regular o controlar la corriente que llega al filamento para que no se genere un número excesivo de electrones al momento de una exposición de rayos X, permitiendo de esta forma mantener constante los rayos X para cada técnica utilizada.

**5.4.6. MA – MAS metering.** Como su nombre lo indica este circuito permite medir la corriente que se genera en el secundario del transformador de alta tensión y el tiempo de exposición de los rayos X con el fin de indicar estos valores en un galvanómetro.

**5.4.7. Tube protector. Coordenadas de la 174 a la 183.**

Cuando se selecciona una técnica existen ciertos valores de corriente que son utilizados para la generación de los rayos X, el circuito comprendido en estas coordenadas permite inhibir la exposición si la corriente sobrepasa los valores establecidos.

**5.4.8. Rotor controller. Coordenadas de la 184 a la 215.** Controla la rotación del ánodo, seleccionando las revoluciones con las que gira el rotor. Cuando la falla en el equipo se debe a la rotación del ánodo se realiza una medición en el equipo con la que se espera obtener un cambio de 220v a 60v en 1 segundo, si este

circuito hace este cambio se puede garantizar que los problemas de rotación no se encuentran en estas coordenadas.

**5.5. REVISIÓN EQUIPO DXR – 750 II.** En la etapa de revisión, el equipo DXR-750 II se somete a un estudio con el fin de actualizar sus planos y resaltar los componentes que se encuentran en funcionamiento.

Tanto los planos originales del equipo como las modificaciones encontradas no se anexarán por ser material exclusivo de la empresa, sin embargo, el listado de los relés que están en funcionamiento hasta la fecha de estudio del equipo son presentados en el anexo B y en la tabla 9 un ejemplo de estos datos recolectados.

Tabla 9. Relés activos del DXR – 750 II

BOBINA	NOMBRE DEL RELÉ	COORDENADA
2K1	Contactador de línea	3K
2K2	Contactador de seguridad	50E
2K3	Contactador de seguridad	49E
2K4	Contactador de seguridad	50D
18K1	Funcionando tubo de abajo	24E

(Fuente de datos propios)

Es prudente resaltar que uno de los más grandes y frecuentes problemas que enfrentan los equipos son los mecánicos, de esta circunstancia nace el hecho de que los puntos de datos a tomar en consideración se centren en los relés que intervienen en los procesos activos del equipo. Algunos de estos datos se indican en la tabla 10 y en el anexo B se agregan todos los datos.

Tabla 10. Bobinas que intervienen en el equipo según el modo de trabajo.

SO RAD	SU SF	SU FL
2K1	2K1	2K1
2K2	2K2	18K1
2K3	2K3	22K1
2K4	2K4	22K2
18K2	18K1	22K3

(Fuente de datos propios)

Para escoger las diferentes técnicas y modos de trabajo del equipo de rayos X, en la unidad de control del equipo hay trece perillas ubicadas en dos paneles diferentes, algunas de estas perillas o sus pasos no son utilizados por las diferentes modificaciones que se le han realizado al equipo. En el anexo D se muestra más en detalle la información y ubicación de estas perillas.

En el panel 51 se encuentran las perillas o selectores que varían los parámetros de tensión, corriente, y tiempo de exposición del tubo de debajo de la mesa, además, se encuentra la perilla para seleccionar el tiempo de exposición del tubo de arriba de la mesa, sin embargo, existen otras tres perillas que no se utilizan por pertenecer a otros modos de trabajo del equipo que han sido suprimidos, estas perillas son Master density, Detector y Bucky technic.

En el panel 22 se utilizan todas las perillas, a excepción, del selector 22D6 donde solo se utiliza Bucky 1 y el selector 22S7 donde solo se trabaja con RAD 1.

El equipo ha sufrido modificaciones a lo largo de su vida, estas modificaciones son muy importantes ya que los estados de los relés dependerán directamente de la técnica que tenga seleccionada el equipo, un ejemplo de esto es el Phototimer, el cual permitía trabajar bajo las mismas condiciones de kilovoltaje y miliamperaje que se han seleccionado inicialmente, variando el tiempo de exposición al cual es sometido el paciente; esto permite al tecnólogo que está tomando las placas de rayos X poder realizar estudios tanto a pacientes delgados como a obesos sin la necesidad de estar cambiando entre técnicas, no obstante, el poco uso de este modo de trabajo y los muchos mantenimientos correctivos que se le realizaban dio cabida a su eliminación en todos los equipos.

Los transformadores están contruidos para alimentar individualmente tres tubos de rayos X diferentes, uno para los modos de trabajo SF, FL (tubo de debajo de la mesa SU), Otro para RAD (tubo de arriba de la mesa SO) y un auxiliar denominado SA, Según la hoja de vida del equipo DXR – 750II de la sede principal, la salida SO fue cambiada por la salida auxiliar SA después de presentar fallas en uno de los transformadores.

## **5.6. DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA**

Al comenzar la practica empresarial y los mantenimientos correctivos, se buscaba comprobar que todas las señales del equipo estuvieran funcionando

correctamente, sin embargo, esta comprobación representa una demora significativa en la reparación del equipo, más aun, al no saber cuáles señales medir y en qué orden para cada modo de trabajo.

AL escoger los relés más importantes; como los que permiten hacer el cambio de la tensión de 220 Vac a 58 Vac para la rotación o los de comienzo y fin de exposición entre otros, sirven como guía en los procesos de mantenimiento para verificar rápidamente si se han completado uno de los procesos de los modos de trabajo.

### 5.6.1. Construcción de los procesos para los modos de trabajo del equipo.

Con la información del equipo reunida y la reconstrucción de los planos del circuito se procede a obtener una secuencia en la que las bobinas de los relés se activan o desactivan; a manera de explicación en la figura 10 se puede ver como se procede en el análisis de los datos tomados del equipo.

Para que se energice START y exista una tensión diferente de cero voltios entre los puntos A2 y V4, es necesario que los contactos 2K1-1, 32K9-3, 12K3-1 y 20K1-3 se cierren; sin embargo; cuando no se logra energizar START es necesario saber dónde está la falla; una forma de hacer esto, es obteniendo los niveles de tensión desde V1 a V4 manteniendo A2 como terminal común, si por ejemplo entre A2 - V3 no hay una caída de tensión y en A2 - V2 si hay, se entiende que el problema pertenece al relé 12K3. De esta forma se ha planteado trabajar en el sistema de detección de errores, ubicando y agrupando los contactos para los 42 relés existentes en los tres modos de trabajo activos que posee el equipo.

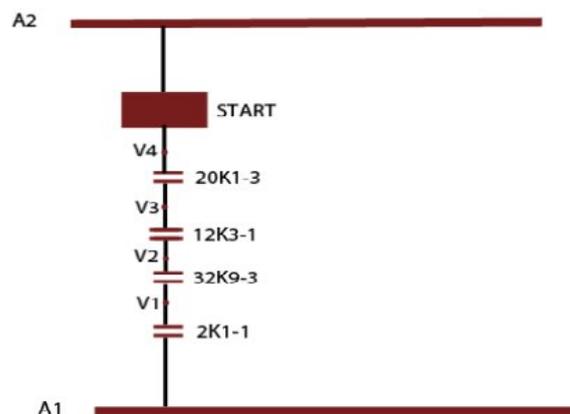


Figura 10. Ejemplo de procesos.  
(Fuente de datos propios)

En el anexo C se encuentran, las condiciones bajo las cuales se energizan las bobinas de los relés para el modo de trabajo RAD, y en el anexo E los nombres de los relés y contactos utilizados en cada plano, con esta información, se separan y reeditan los planos para cada modo de trabajo, y como resultado en los anexos F y G están contenidos los procesos de los modos de trabajo del equipo, agrupados según el tubo de rayos X seleccionado.

Los datos ya expuestos hasta este punto del informe a excepción de los planos que no se han incluido, representan, las herramientas básicas requeridas para encontrar o disminuir el área en el que se puede ubicar algún problema con los equipos de rayos X, siempre y cuando estos errores pertenezcan a los modos de trabajo los cuales se han de desarrollar en la unidad de control, los transformadores y el relé de transferencia ubicado en el seriógrafo.

El sistema de detección de errores está compuesto de dos partes, una de ellas es el acople de las señales a capturar del equipo y por otro lado está la tarjeta principal que es donde se lleva a cabo el procesamiento de los datos.

Se han creado cuatro tarjetas para el acople de las señales; cada una de estas tarjetas se conecta a dieciséis puntos del equipo u ocho diferentes tensiones, mediante la utilización de opto acopladores y resistencias la tarjeta entrega una señal de tensión cuadrada con una amplitud de cinco voltios en el caso de que la señal de entrada sea una señal AC y hay un flanco negativo de cinco a cero voltios si la entrada es una señal DC, estas señales de salida llegan a multiplexores ubicados en la tarjeta principal, y es aquí donde un microprocesador puede seleccionar cualquiera de las señales provenientes del equipo para ser analizadas según los mapas de procesos que se indican en el anexo G.

Otra de las tareas realizadas en esta etapa es la organización del cableado actual del equipo y la inserción de las nuevas líneas de cable que se utilizadas en el sistema de detección de errores; desafortunadamente; este extenso trabajo solo se podía llevar a cabo los fines de semana o en momento que se disponga de cómo mínimo dos horas con el equipo, ya que es necesario desarmar el tablero principal de conexiones y para esto es recomendable tener mucho tiempo a disposición; una falla en las conexiones aparte de ocasionar grandes daños al equipo, produciría grandes pérdidas económicas a la empresa al no estar prestando el servicio al público.

Las tarjetas fueron diseñadas y probadas en el laboratorio del departamento de mantenimiento, sin embargo, por los motivos presentados en el párrafo anterior estas no se alcanzaron a dejar funcionando correctamente en el equipo como tal; en resumen; se ha creado para la empresa, los planos editados y los mapas de procesos junto con las sugerencias en caso de los valores de los puntos de medición no coincidan con los indicados, por otra lado, se diseñó el sistema de detección de errores, no obstante este último aporte no quedó funcionando en el equipo debido a que se presentaron algunas fallas que no se alcanzaron a resolver.

## 6. APORTES AL CONOCIMIENTO

En la generación del haz de rayos X se encuentran los siguientes subprocesos que se deben cumplir en todos los equipos de rayos X, algunos de estos procesos interviene en el proceso de generación del haz de rayos X al habilitar o deshabilitar la exposición.

- Orden de rotación (hecha por el operario).
- Orden de exposición (hecha por el operario).
- Protección puertas de la sala de rayos X.
- Funcionamiento Bucky.
- Circuitos de protección de técnicas elevadas.
- Circuito de protección de rotación del tubo de rayos X.
- Circuito de habilitación de exposición.
- Retardos en la exposición y rotación.

Las órdenes de rotación y exposición son dadas por el operador del equipo y tiene de darse en secuencia, primero rotación y segundo exposición, teniendo en cuenta que en la rotación hay que esperar entre uno y dos segundos, además, el switch de rotación se debe mantener oprimido hasta el final de la exposición.

Las salas de los equipos de rayos X deben encontrarse bajo ciertas condiciones de protección para evitar que los rayos X se propaguen a fuera de la sala, por este motivo, estos cuartos son revestidos tanto sus paredes laterales como puertas con una capa de plomo, sin embargo la mayor parte de las veces los operarios de los equipo no cierran bien estas puertas, provocando fugas de radiación, por lo tanto, se adaptan a las puertas unos interruptores que cortan la exposición en caso de que estos no estén accionados.

Algunos equipos poseen la opción de trabajar con el Bucky de mesa, Bucky mural, o sin Bucky, esta selección depende del estudio que se esté realizando; lo importante a rescatar en cuanto al Bucky es que cuando estos no son de rejilla fina, trabajan de la siguiente forma, Orden de rotación, movimiento de la rejilla y habilitación de la exposición, esta habilitación se lleva a cabo cambiando el estado del contacto de un relé de normalmente abierto a cerrado.

En la tableta 20TB1, entre XI y C debe haber una tensión de 120 Vac al hacer la rotación, cuando hay esta tensión se sabe que se ha seleccionado el filamento

largo y que el cátodo a comenzado a calentarse para así desprender los electrones en el momento de la exposición.

En la tableta 20TB1, entre Xs y C debe haber una tensión de 120Vac al hacer la rotación, cuando hay esta tensión se sabe que se ha seleccionado el filamento corto y que el cátodo a comenzado a calentarse para así desprender los electrones en el momento de la exposición.

Para ajustar las curvas características de los tubos de rayos X a las corrientes y tensiones nominales es importante calibrar la tarjeta 24 en el equipo DXR 750II ya que esta permite deshabilitar la generación del haz de rayos X en el momento en que se seleccione una técnica muy grande, no obstante, a pesar de que este equipo posee esta tarjeta de protección, hasta la culminación de la practica dicha tarjeta no estaba ajustada correctamente.

## 7. RECOMENDACIONES A LA EMPRESA

La observación más importante que debe hacer corresponde a los mantenimientos preventivos que se realizan a los equipos de rayos X, dichos procedimientos son muy escasos y es por esto en ocasiones los equipos fallan por acumulación de polvo y aceites, por revisión en los niveles de tensión en las tarjetas de alimentación y ajustes mecánicos.

Si bien es cierto que los componentes de los equipos no son difíciles de reemplazar, es prudente realizar una revisión de algunos de ellos con el fin de almacenarlos y hacer de su uso en el caso de ser necesitados en un mantenimiento correctivo. Muy relacionado a este tema están las tarjetas de los equipos, es recomendable tener algunas de repuesto en el caso de fallas, conseguir estas tarjetas es difícil y cuesta mucho dinero sin embargo diseñarlas y crearlas es mucho más fácil, además la inversión económica es mucho menor.

Las técnicas que se seleccionan en los equipos de rayos X son diferentes dependiendo de cada equipo, sería de gran utilidad el calibrar los equipos para que se puedan seleccionar estas mismas técnicas en cualquiera de los equipos de la empresa, sin embargo, para lograr esto es prescindible adquirir un dispositivo que sirva como patrón en estas calibraciones.

Cuando se da la orden de rotación y el ánodo del tubo no rota, lo más probable es que el tecnólogo no note que el sistema de rotación está fallando; y en el momento de hacer la exposición bajo estas condiciones, se deteriora o lo daña por completo el tubo de rayos X, debido a esto, es recomendable que el equipo de la sede Cuba, como muchos otros equipos, tengan la tarjeta de protección de rotación. Es necesario revisar los circuitos de protección de los equipos a fin de evitar daños innecesarios y costosos.

Es importante que el transformador de alta tensión de la Clínica Norte en Cartago sea revisado ya que este presenta un ruido extraño cuando se genera el haz de rayos X en cualquiera de los modos de trabajo. En equipos como este es necesario que se programen mantenimientos preventivos ya que de esta forma se pueden mantener los componentes limpios, en buen funcionamiento, y se puede evitar que el equipo se detenga por un largo periodo de tiempo, si un transformador de estos se daña todo el equipo podría ser detenido por un largo periodo de tiempo.

A lo largo de la práctica se pudo observar que existe una gran diferencia entre el estudio de los planos de los equipos y el estudiar los equipos trabajando

directamente con ellos para hacer pruebas y análisis, este echo se resalta, debido a que si la empresa requiere hacer un mejoramiento con los equipos de rayos X, ya sea un análisis de su modo de funcionamiento o una implementación de un dispositivo, es necesario establecer mejor los espacios para el trabajo con los equipos, ya que a lo largo de la práctica, se tuvieron muchos inconvenientes al trabajar directamente con el equipo.

## 8. CONCLUSIONES

La empresa radiólogos Asociados S.A. posee una gran cantidad de equipos con los que se realizan los diferentes exámenes planteados en el portafolio de servicios, no obstante, algunos de estos equipos no poseen manuales ni planos, por este motivo, la gran mayoría de ellos se encuentran a cargo de empresas externas que prestan sus servicios de mantenimiento correctivo y preventivo, esto junto con la carencia de los permisos necesarios para realizar los mantenimientos, reflejan un muy limitado campo de acción que posee el departamento de mantenimiento en las reparaciones.

El método más sencillo para encontrar el panel o tarjeta dañada en los mantenimientos correctivos es seguir la secuencia con la que los relés son activados, por esta razón se han editado los planos para el equipo DXR 750 II, permitiendo resaltar para cada uno de sus modos de trabajo el circuito respectivo para la generación del haz de rayos X, de esta forma, se crea una herramienta para la disminución del tiempo de respuesta en los mantenimientos correctivos.

Los mantenimientos correctivos que se realizan a los equipos de rayos X son electrónicos y en gran parte mecánicos, por este motivo el análisis presentado del equipo pertenece exclusivamente a la unidad de control y transformadores en donde se encuentran los circuitos principales.

El dispositivo de detección de errores creado para agilizar los mantenimientos correctivos, requiere someterse a más pruebas de trabajo con el equipo DXR 750 II ubicado en la sede principal de la empresa, no solo para atender los problemas que no fueron resueltos en la práctica empresarial, sino también, para agregar otros aspectos que no se hayan tenido en cuenta o que se quieran mejorar.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

[1] GENERAL ELECTRIC X RAY DEPARTAMENT. Image intensifiers, Fluoricon B4016 & B4019. Abril 16 de 1962. Section 3 page 1 a 3.

[2] GENERAL ELECTRIC X. Operating manual, Monitrol Diagnostic x-ray Tables, radiographic and fluoroscopic procedures. page 1 a 9.

[3] GENERAL ELECTRIC MEDICAL SYSTEM DEPARTMENT, Service Engineering Handbook, February 2, 1970 Section 3.

[4] MEDICAL RADIOGRAPHIC TECNIC, Technical Server X-ray Departament General Electric Company; William L. Bloom. JR; John L. Hollenbach, R.T; James A. Morgan, R.T; Third Edition, pag 38 a 55.

[5] Agfa CR Digitizers User Documentation.

[6] Manual de usuario General Electric Logiq P5 BT'08.

[7] MEDICAL RADIOGRAPHIC TECNIC, Technical Server X-ray Departament General Electric Company; William L. Bloom. JR; John L. Hollenbach, R.T; James A. Morgan, R.T; Third Edition, pag 1

## GLOSARIO

- **Fluoroscopia:** Es un estudio realizado para visualizar un órgano o área de interés del paciente; para este estudio es necesario utilizar un medio de contraste, esto con el fin de ver en detalle los movimientos de la parte del cuerpo en la que se encuentra la sustancia en una pantalla, si el paciente no posee este medio de contraste las imágenes que se verían no correspondería a la de los órganos pues los rayos x atraviesan los tejidos hasta encontrar un material que los absorba y de esta forma visualizar las imágenes.
- **T.H.V.:** Transformador de alta tensión.
- **CR 75.0:** Su función principal es la digitalización de placas de imagen y la transmisión de los datos digitales de imagen a la estación de pre-visualización y la estación de procesamiento de imágenes.
- **Rejilla:** Es un filtro que absorbe las radiaciones secundarias del haz de rayos X, está compuesto por bandas de material radiotransparente como el aluminio y de material absorbente como el plomo, existen dos tipos de rejillas, la rejilla fina y la común, su diferencia radica en que la rejilla fina no requiere la utilización del Bucky.
- **Bucky:** La rejilla como el chasis son ubicados en paralelo, cuando la rejilla es común se requiere que esta se mueva paralelamente al chasis y perpendicularmente al haz de rayos X, por lo tanto, esta es la función del Bucky realizar este movimiento.
- **Exposición:** Tanto para el tubo de arriba de la mesa como de debajo de la mesa, la palabra exposición es utilizada para la generación del haz de rayos X.
- **Modo de trabajo RAD:** Este modo de trabajo hace referencia a la utilización del tubo SO o tubo de arriba de la mesa de rayos X, para la adquisición de imágenes radiográficas en una placa de rayos X.

- **Modo de trabajo FL:** Este modo de trabajo hace referencia a la utilización del tubo SU o tubo de debajo de la mesa de rayos X, es utilizado para la presentación de imágenes radiográficas en una pantalla de televisión, se utiliza en estudios de fluoroscopia.
- **Modo de trabajo SF:** Este modo de trabajo hace referencia a la utilización del tubo SU o tubo de debajo de la mesa de rayos X, es utilizado para la adquisición de imágenes radiográficas en una placa de rayos X, se utiliza en estudios de fluoroscopia.
- **Medio de contraste:** El medio de contraste es un material que se le aplica al paciente para algunos estudios realizados con los equipos de rayos X en modo fluoroscopia, es necesario aplicarlo pues de lo contrario, los rayos X atravesarían los tejidos y no se podría observar las imágenes de los órganos, por tal motivo la función principal del medio de contraste es absorber los haces de rayos X, ya que al encontrarse este material en forma líquida es posible observa la estructura del órgano.
- **Chasis:** Compartimento en el que se ubican las placas que absorben el haz de rayos X que atraviesan el cuerpo del paciente.
- **Pantalla:** Cuando el equipo se encuentra en modo FL se visualizan en tiempo real las imágenes producidas por el haz de rayos X, estas imágenes son amplificadas por el intensificador del equipo, captadas por una cámara especial para el trabajo con rayos X y en una pantalla de televisión se visualizan dichas imágenes.
- **Seriógrafo:** Hace parte del equipo de rayos X, y se utiliza en los modos de trabajo FL y SF, cumple las funciones de, soporte del intensificador, selecciona las partes de la placa en la que se van a grabar las imágenes, y se utiliza para cambiar entre los modo de trabajo SF y FL.
- **Plomo:** Este material permite la absorción de los rayos X generados en el Tubo, se utiliza en, las paredes como recubrimiento y aislamiento del cuarto, en filtros para atenuar el haz de rayos X, y en la rejilla del Bucky para eliminar los haces de rayos X que se dirigen en direcciones diferentes al haz de rayos X primario.

- **Transfer:** Hace referencia a un relé que permite variar entre los modos de trabajo SF y FL, está ubicado en el seriógrafo.
- **Hand switch de exposición:** Pulsador que da la orden de generar el haz de rayos X.
- **Hand switch de rotor:** Pulsar que da la orden al equipo de comenzar con la rotación del ánodo del tubo de rayos X.

## ANEXO A. RADIOLOGOS ASOCIADOS S.A.



MÉDICOS RADIOLOGOS

DR. JORGE IVÁN OSPINA A.  
DR. ELAS CÁRDENAS M.



### CERTIFICACION

RADIOLOGOS ASOCIADOS S.A. En su calidad de Institución prestadora de servicios de salud, CERTIFICADA EN LA NORMA ISO 9001:2008 por su Sistema de Gestión de Calidad y reconocida legítimamente por los organismos reguladores de este tipo de servicios en Colombia y en ejercicio de la actividad económica que desempeña, hace constar mediante este documento, que dentro de sus procesos de aseguramiento de la calidad como está establecido en su política, el mantenimiento de los equipos de Rayos X, TAC y Ecografía forma parte de los procesos prioritarios para garantizar la continuidad del servicio. Estadísticamente la junta de indicadores de la organización integrada por el equipo de líderes de cada área, está en constante análisis de los datos de las fallas de los equipos, el crecimiento en el número de pacientes y de la demanda de este tipo de servicios, por lo que en la actualidad se atiende una población mensual de 20.000 pacientes de los cuales cerca de 17500 corresponden a pacientes a quienes se les practica exámenes de rayos X. Con base en lo anterior, para RADIOLOGOS ASOCIADOS S.A. mantener control de las potenciales fallas en los equipos de Rayos X representa un factor imperante en la prestación de sus servicios, lo que implica que un desarrollo en materia de dispositivos para las fallas sea un avance en la tecnología biomédica disponible que permita que nuestra organización mantenga a la vanguardia de los avances tecnológicos en materia de diagnóstico y facilita el cumplimiento de los apartes normativos en materia de calidad mundial que en el numeral 8.2.4 de la Norma Internacional ISO 9001:2008 expresa la importancia de la medición y seguimiento del servicio.

La presente CONSTANCIA se emite en Pereira a los 31 días del mes de Marzo desde la Oficina Central de Gestión de la Calidad de RADIOLOGOS ASOCIADOS S.A.

  
**LEONARDO FABIO SANCHEZ PINTO**  
**INGENIERO DE GESTION DE LA CALIDAD**

PEREIRA, RDA. SEDE PRINCIPAL Carrera 5 No.22-25 PBX: 335 0009 CENTRAL DE CITAS Tel. 335 0970 Celular: 310 538 1155  
SEDE CLINICA LOS ROSALES Departamento de RX, Carrera 9 No. 25-25 Tels. 335 2090 - 335 7710  
SEDE CENTRO MEDICO PARA EL CORAZON CLINICA LOS ROSALES Locales 110-111-112 Carrera 9 No. 25-25 Tels. 324 4586-335 9982  
SEDE CLINICA RISARALDA, Calle 18 No. 5-13 Tels. 324 4108 - 324 4297  
SEDE CLINICA COMFAMILIAR, Avenida Cromwell No. 3-11 Torre B Piso 2 Tels. 318 1658/36  
SEDE CLINICA DEL NORTE Urbanización Entre Rio Calle 17 Carrera 15 Norte, Tel. (092) 214 5555 Ext. 146-147 Tel. (092) 211 4070  
CARTAGO, VALLE SEDE CENTRO Carrera 5 No. No. 7-88 Tels: 213 8485/89 Celular: 310 359 2287  
SEDE HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE CARTAGO Carrera 3 Entre Calle 1-2 Tels. 213 8467 - 212 5959  
www.radiologosasociados.net / e-mail: servicioalcliente@radiologosasociados.net

## ANEXO B. BOBINAS Y MODOS DE TRABAJO

En el equipo de rayos X DXR-750 II existen tres modos de trabajo, para los cuales se utilizan dos tubos de rayos X llamados SU y SO.

SU está ubicado debajo de la mesa de rayos X; el equipo trabaja con este tubo cuando este se encuentra en los modos de trabajo FL (Fluoroscopia) y SF (Spot Film).

SO está ubicado sobre la mesa de rayos X; al seleccionar el modo de trabajo RAD es cuando el equipo trabaja con este tubo.

Tabla 11. Bobinas usadas en cada modo de trabajo parte 1.

SO - RAD	SU - SF	SU - FL
2K1	2K1	2K1
2K2	2K2	18K1
2K3	2K3	22K1
2K4	2K4	22K2
18K2	18K1	22K3
22K1	22K1	23K3
22K3	22K3	23K4
23K6	23K4	23K24
23K10	23K5	23K28
23K24	23K6	26K1
24K4	23K10	26K2
24K12	23K24	B32RE1
26K1	24K4	B32RE2
26K2	24K12	B32RE3
B32RE1	26K1	B32RE4
B32RE2	26K2	B32RE7
B32RE3	B32RE1	B32TDRE1
B32RE4	B32RE2	39K2
B32RE7	B32RE3	39K7

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 12. Bobinas usadas en cada modo de trabajo parte 2.

SO RAD	SU SF	SU FL
B32TDRE1	B32RE4	
57K3	B32RE6	
57K8	B32RE7	
57K15	B32TDRE1	
57K19	57K3	
57K31	57K8	
57K35	57K15	
58K9	57K19	
58K10	57K31	
58K11	57K35	
58K12	58K9	
58K28	58K10	
58K42	58K11	
58K54	58K12	
59K1	58K28	
73K2	58K42	
73K28	58K54	
76K6	59K1	
	73K2	
	73K28	
	76K6	

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Los datos de las tablas mostradas anteriormente representan las bobinas de los relés distribuidos en cada uno de los modos de trabajo del equipo de rayos X DXR 750 II.

## ANEXO C. CARACTERÍSTICAS DE RELÉS EN MODO RAD

Tabla 13. Características de los relés en modo RAD parte 1

Bobina	Característica	Coordenada	Se energiza con
2K1	Contactador de línea	3K	Encender en equipo
2K2	Contactador de seguridad	50E	Cerrar el switch de rotación
2K3	Contactador de seguridad	49E	Cerrar el switch de rotación
2K4	Contactador de seguridad	50D	Cerrar el switch de rotación
18K1	Funcionando tubo de abajo	24E	Para el tubo de arriba no se energiza
18K2	Funcionando tubo de arriba RAD1	25E	Seleccionar RAD 1
18K3	Tube blower transfer	25E	Seleccionar RAD 1
18K4	Funcionando tubo de arriba 2 auxiliar	26E	Seleccionar RAD 2
18K5	SA tube blower	27E	Seleccionar RAD 2
20K1	Luz del cuarto (luz roja)	54D	Para el tubo de arriba no se energiza
20K2	H.S. fluoro tube	52D	Para el tubo de arriba no se energiza
22K1	Detección de corriente en el filamento.	153L	Encender el equipo
22K2	Contactador de fluoro	54D	Para el tubo de arriba no se energiza
22K3	Sensor sobrecarga MA (Overload)	162M	Corriente en mA excesiva en el secundario del THV
23K3	Funcionando fluoro	52D	Para el tubo de arriba no se energiza

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 14. Características de los relés en modo RAD parte 2

Bobina	Característica	Coordenada	Se energiza con
23K2	No conectado	NO USADO	NO USADO
23K4	Funcionando fluoro	51D	Para el tubo de arriba no se energiza
23K5	Spot-film	37C	Para el tubo de arriba no se energiza
23K6	Sobrecarga MA	164B	Corriente excesiva en el secundario del THV
23K10	MAS	53C	Cerrar el switch 51s4 indicador de MAS
23K24	Indicador Voltímetro	54C	Encender en equipo
23K28	Solo fluoro	52D	Para el tubo de arriba no se energiza
23K29	Funcionando RAD 2	56C	Seleccionar RAD 2
23K30	Funcionando RAD 2	57C	Seleccionar RAD 2
24K4	Sostener exposición	44B	Cerrar el switch de exposición
24K12	Protector del tubo	178D	Indicador de sobre carga
24K13	Funcionando el rotor del tubo con 180Hz	56D	Sobrecarga de 60Hz
24K43	Funcionando el rotor del tubo con 180Hz	55C	Sobrecarga de 60Hz
26K1	Bloqueo servomotor	44B	Se cierra durante 20 milisegundos al iniciar la exposición
26K2	Censando servomotor	126C	Para el tubo de arriba no se energiza

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 15. Características de los relés en modo RAD parte 3

Bobina	Característica	Coordenada	Se energiza con
26K3	No conectado	NO USADO	Para el tubo de arriba no se energiza
26K4	No conectado	NO USADO	Para el tubo de arriba no se energiza
26K5	No conectado	NO USADO	Para el tubo de arriba no se energiza
26K7	No conectado	NO USADO	Para el tubo de arriba no se energiza
26K8	No conectado	NO USADO	Para el tubo de arriba no se energiza
B32RE1	Transfer de 230v a 58 v (Rotor del tubo)	53D	Si 32RE7-D y 32RE2-B se cierran
B32RE2	Corriente en el estator	206G	Si hay una corriente apropiada en el estator del rotor
B32RE3	Corriente en el estator para 58v	207C	Si hay una corriente en estator y le llegan al rotor 58v
B32RE4	Comenzar rotor	48B	Se cierra el switch de rotación
B32RE6	Reinicio del tiempo de retraso (del tubo) (rotor)	53G	Para el tubo de arriba no se energiza
B32RE7	Retardo de tiempo del rotor	211M	si el transistor 32Q1 conduce
B32TDRE1	Tiempo de retardo	33G	
39K2	Tiempo de espera de comienzo del rotor	39F	Para el tubo de arriba no se energiza
39K7	Tiempo de espera del rotor	57M	Para el tubo de arriba no se energiza
42RE1	No conectado	NO USADO	NO USADO

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 16. Características de los relés en modo RAD parte 4

Bobina	Característica	Coordenada	Se energiza con
42RE2	No conectado	NO USADO	NO USADO
42RE3	No conectado	NO USADO	NO USADO
42RE4	No conectado	NO USADO	NO USADO
42RE6	No conectado	NO USADO	NO USADO
42RE7	No conectado	NO USADO	NO USADO
42RE8	No conectado	NO USADO	NO USADO
42K46	No conectado	NO USADO	NO USADO
47K7	(Buzzer opcional no usado)	90B	NO USADO
57K3	Control Gate fase A	65K	Cerrar el switch de exposición
57K8	Control precontactor Gate fase A	65L	Cerrar el switch de exposición
57K15	Control Gate fase B	67L	Cerrar el switch de exposición
57K19	Control precontactor Gate fase B	66L	Cerrar el switch de exposición
57K31	Control Gate fase C	68L	Cerrar el switch de exposición
57K35	Control precontactor Gate fase C	69L	Cerrar el switch de exposición
58K9	Sincronización de rotación	81L	Si el SCR 58CR37 se conduce

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 17. Características de los relés en modo RAD parte 5

Bobina	Característica	Coordenada	Se energiza con
58K10	Gate rotación	82L	Si el SCR 58CR37 se conduce o se ha seleccionado un tiempo de 3ms
58K11	Gate rotación	84L	Si el SCR 58CR36 se conduce
58K12	Sincronización de rotación	85L	Si el SCR 58CR36 se conduce
58K28	Rotación monofásica	91K	seleccionado un tiempo de 3ms
58K42	Rotación monofásica	93K	seleccionado un tiempo de 3ms
58K54	Reverse fase rotación	95K	seleccionado un tiempo de 3ms o 12ms
59K1	Sincronización monofásica (rotación)	94K	seleccionado un tiempo de 3ms
73K2	Comienzo de la exposición	47D	Si el transistor 73Q11 conduce
73K28	Parada de la exposición	88B	Si el SCR 83CR21 conduce
76K6	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	95D	Si el transistor 76Q13 conduce
76K24	Exp. Counter Trigger	93G	Cuando se hace una exposición
88K1	No conectado	NO USADO	NO USADO

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Las tablas mostradas en este anexo muestran las características Y coordenadas, de los relés que actúan en el equipo cuando este se encuentra en el modo de trabajo RAD.

## ANEXO D. PANEL DE CONTROL

En el panel de control del equipo existe un juego de perillas que permiten variar tanto los modos de trabajo del equipo como sus características, estas perillas y las opciones de cada uno de sus pasos se indican a continuación, algunas de estas perillas o algunos de sus pasos no se utilizan, para estos casos, se indican entre paréntesis la correspondiente observación.

Tabla 18. Perilla de tiempo en modo de trabajo Fluoro

Selector Fluoro (Seg)										
1 Parte	5	4.5	4	3.5	2.5	2	1.5	1	0.5	0

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750 II)

Tabla 19. Perilla de corriente en modo de trabajo Fluoro

Selector Fluoro (mA)					
1 Parte	1	2	3	4	5

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750 II)

Tabla 20. Perilla de tensión en modo de trabajo Fluoro

Selector Fluoro (KVp)										
1 Parte	125	120	110	100	95	90	85	75	70	45

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 21. Perilla de tiempo en modo de trabajo RAD

Selector RAD (Seg)												
1 Parte	5	4	3	2	1.5	1	0.7	0.5	0.4	0.3	0.25	0.2
2 Parte	0.16	0.12	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	0.024	0.018	0.012	0.006	0.003

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 22. Perilla master density

Master density (No usado)							
1 Parte	2	1.5	1.25	N	0.75	0.5	0.25

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 23. Perilla de elementos externos

Detector (solo se utiliza BU)						
1 Parte	LAT	PA	BU	SF	PN	OFF

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 24. Perilla de compensación de entrada de línea

22S2 Compensador	
1 Parte	10 Diferentes pasos

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 25. Perilla 22D6

22D6 Selector (Solo se utiliza Bucky 1)						
1 Parte	Bucky 1	Bucky 2	Ordo	Intensificador	Rapid film	DFF

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 26. Perilla de selección de tubo en modo de trabajo RAD

22S7 selector (Solo RAD 1)		
1 Parte	RAD 1	RAD 2

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 27. Perilla de tensión mayor en modo de trabajo RAD

22S3 Selector KVp mayor RAD												
1 Parte	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	24

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 28. Perilla de tensión menor en modo de trabajo RAD

22S4 Selector KVp menor RAD						
1 Parte	0	1	4	6	8	10

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

Tabla 29. Perilla de corriente en modo de trabajo RAD

22S5 Selector de Technic (mA)						
RAD LARG FOCUS	200	300	400	500	600	700
RAD SMALL FOCUS	25	50	100	200		
FLUORO SF	300	200				

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

## ANEXO E. RELÉS Y CONTACTOS PLANOS DXR 750 II

Los datos contenidos en este anexo indican las bobinas y contactos de los relés distribuidos en cada uno de los planos del equipo DXR-750 II.

Tabla 30. Datos a tomar por etapas.

Planos DXR-750II	Relés	Contactos de relés
Power circuit.	2K1, 18K1, 18K2.	
Switching circuits.	2K2, 2K3, 2K4, 22K2, 23K3, 23K4, 23K5, 23K10, 23K24, 23K28, 24K4, 26K1, B32RE1, B32RE4, B32RE6, B32TDRE1, 39K2, 39K7, 73K2,	2K2D, 2K4B, 2K4D, 18K1B, 18K2B, 20K1A, 20K1C, 22K1B, 23K3A, 23K2B, 23K3C, 23K3D, 23K3F, 23K4A, 23K4B, 23K4C, 23K4D, 23K4F, 23K5A, 23K5B, 23K5C, 23K5D, 23K5G, 23K5F, 23K10C, 23K10D, 23K28F, 24K12A, 24K12B, 26K2A, B32RE2B, B32RE3B, B32RE6C, B32RE7D, B32RE7F, B32TDRE1A, 39K2B, 39K7B.
Radiographic interval timer.	57K3, 57K8, 57K15, 57K19, 57K31, 57K35, 58K9, 58K10, 58K11, 58K12, 58K28, 58K42, 58K54, 59K1, 73K28, 76K6.	
Servo driver.	26K2	
Filament and space charge compensation.	22K1	
MA – MAS metering.	22K3, 23K6.	
Tube protector.	24K12	
Rotor controller.	B32RE2, B32RE3, B32RE7	

(Planos equipo rayos X General Electric DXR-750II)

## ANEXO F. PUNTOS DE MEDICIÓN PARA CADA MODO DE TRABAJO.

Como parte de la construcción de una metodología que permita determinar las fallas más comunes en los equipos de rayos X DXR 750 II, a continuación se presentan una serie de tablas con los pasos a seguir en caso de una falla del equipo; en los puntos denominados acción manual se requiere la intervención del operario para poder continuar con la comprobación del equipo.

En el proceso uno denominado encendido del equipo, se describen los puntos más importantes a medir en cualquier momento que el equipo esté encendido, así como las opciones a seguir en caso de que las tensiones medidas no sean las apropiadas. En las tablas de los procesos dos y tres se encuentran los puntos de medición para cada uno de los modos de trabajo del equipo según el tubo de rayos x que se haya seleccionado.

Tabla 31. Puntos de medición equipo encendido

Proceso uno " Equipo encendido "					
Pasos	Conexiones		Tensión	En caso de fallas	
0	Acción manual: Switch ON "51S3"				
1	AC1	2TB1 - LE1	20TB1-120	230 Vac	22S2A - 51S1 - 2F12 - 2F11 - 22F1
2	AC2	20TB1 - A1	20TB1 - A2	120 Vac	22K3A - 23K6A - 2K1D - Switch On
3	AC3	20TB1 - A1	20TB1 - A3	230 Vac	22S2A - 51S1 - 2F12 - 22F5 - 22F1
4	AC4	20TB1 - A1	20TB1 - 74	58 Vac	22F3 - 51S1 - 2F12 - 2F11
5	AC5	20TB1 -128	20TB1 - G	24 Vdc	No hay tensión de alimentación en la tarjeta del TIMER.
6	MUXA0	20TB1 - A2	20TB1 - 86	120 Vdc	B32TDRE1

(Fuente de datos propios)

Tabla 32. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SO parte 1

Proceso DOS " SO "					
Pasos		Conexiones		Tensión	En caso de fallas
0		Acción manual: Selectores 22S5 y 22S7			
1	MUXA1	20TB1-SC	20TB1-SO	120 Vdc	23CR19 - 23CR20 - 23CR21 - 23CR22 - 22S5D 22S7D
2	MUXA2	20TB1-A2	20TB1-E3	120 Vdc	18K2-B
3		Acción manual: Rotor handswitch			
4	MUXA3	20TB1-A2	20TB1-KE	120 Vac	Mirar el Hand Switch rotor
5	MUXA4	20TB1-A2	23TB1-25	120 Vac	23K5E - 23K4E - B32RE4
6	MUXA5	20TB1-C	20TB1-XL	VARIADO	23K28A - 23KE4B - 22S4B - 22S5A - 22K1 - Resistencias cood 143 a 151
7	MUXA6	20TB1-C	20TB1-XS	VARIADO	23K28A - 23KE4B - 22S4B - 22S5A - 22K1 - Resistencias cood 143 a 151
8	MUXA7	20TB1-90	20TB1-76	230 Vac	B32RE4F - B32RE1A - B32RE1C
9	MUXB0	20TB1-78	20TB1-77	230 Vac	B32RE2 - 35K2E - 35K2A - 35K1A
10	MUXB1	Cátodo y ánodo B32CR3		24 Vdc	B32RE4D - B32RE6A - B32RE7A - B32RE7B
11	MUXB2	20TB1-A2	20TB1-119	120 Vac	B32RE2B - B32RE7D
12	MUXB3	20TB1-90	20TB1-88	58 Vac	B32RE1D - B32RE3 - B32RE1A - B32RE1C
13	MUXB4	20TB1-A2	20TB1-124	120 Vac	23K5E - 2K4 - 2K2 - 2K3

(Fuente de datos propios)

Tabla 33. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SO parte 2

Pasos		Conexiones		Tensión	En caso de fallas
14		Acción manual: Exposición Hand switch			
15	MUXB5	20TB1-A2	20TB1-KL	120 Vac	Hand switch exposición
16	MUXB6	20TB1-A2	20TB1-93	120 Vac	El selector debe estar en BUCKY 1 - Mirar que el bucky de mesa trabaje bien
17	MUXB7	20TB1-A2	20TB1-79	120 Vac	23K4A - 22K1B - B32RE6C - B32RE3B - B32RE7F
18	MUXC0	20TB1-A2	24TB1-6	120 Vac	24K13A - 24K12A
19	MUXC1	20TB1-A2	20TB1-127	120 Vac	Selector 22S3 - 23K3A - 26K2A - TARJETA DEL SERVO
20	MUXC2	20TB1-A2	20TB1-125	120 Vac	2K2-D
21	MUXC3	Bobina 73K2		120 Vac	Selector 22S6 - 73Q11
22	MUXC4	20TB1-128	20TB1-107	24 Vdc	Circuito de rotación de fase, tarjeta 58 - Generación del pulso de sincronización tarjeta A83
23	MUXC5	20TB1-128	A83TB1-8	24 Vdc	Retardo de la exposición, tarjeta A83 - Selector de tiempo de exposición

(Fuente de datos propios)

Tabla 34. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SU parte 1

Proceso tres " SU "					
Pasos		Conexiones		Tensión	En caso de fallas
0		Acción manual: Selectores 22S5 y 22S7			
1	MUXC6	20TB1-SC	20TB1-SU	120 Vdc	23CR19 - 23CR20 - 23CR21 - 23CR22 - 22S5D - 22S7D
2	MUXC7	20TB1-A2	20TB1-E1	120 Vdc	18k1-B
3		Acción manual: Seleccionar en el seriógrafo modo FL			
4		Acción manual: Switch de exposición de Fluoro			
5	MUXD0	20TB1-A2	20TB1-RL	120 Vac	Transfer Spot Film
6	MUXD1	20TB1-A2	20TB1-15	120 Vac	switch exposición
7	MUXD2	20TB1-A2	20TB1-71	120 Vac	Rotor Turn-off coord. 55 a 60 - 39k2 - 39K7B
8	MUXD3	20TB1-A2	23TB1-25	120 Vac	23K4F
9	MUXD4	20TB1-A2	20TB1-131	120 Vac	22K1B - 23K24B
10	MUXD5	20TB1-A2	20TB1-79	120 Vac	B32RE6C (No usado) - B32RE3B - B32RE7F
11	MUXD6	20TB1-A2	20TB1-TE	120 Vac	24K13A - 24K12A - 22SE3F - 23K3B - 23K24B
12	MUXD7	20TB1-A2	20TB1-TL1	120 Vac	Tiempo de retardo de Fluoro de 5 min.

(Fuente de datos propios)

Tabla 35. Puntos de medición de equipo en modo de trabajo SU parte 2

Pasos		Conexiones			En caso de fallas
13		Seleccionar en el seriógrafo modo SF			
14		Switch de exposición de SF			
15	MUXD1	20TB1-A2	20TB1-15	120 Vac	switch exposición
16	MUXD2	20TB1-A2	20TB1-71	120 Vac	Rotor Turn off coord. 55 a 60 - 39k2 - 39K7B
17	MUXD3	20TB1-A2	23TB1-25	120 Vac	23K4F
18	MUXB4	20TB1-A2	23TB1-124	120 Vac	23K5E
19	MUXD4	20TB1-A2	20TB1-131	120 Vac	22K1B - 23K24B
20	MUXD5	20TB1-A2	20TB1-79	120 Vac	B32RE6C (No usado) - B32RE3B - B32RE7F
21	MUXC1	20TB1-A2	20TB1-127	120 Vac	26K2A - 23K3A - 24K12A - 24K13A
22	MUXC2	20TB1-A2	20TB1-125	120 Vac	2K2 - 2K4
23	MUXC3	Bobina 73K2		120 Vac	Selector 22S6 - 73Q11
24	MUXC4	20TB1-128	20TB1-107	24 Vdc	Circuito de rotación de fase, tarjeta 58 - Generacion del pulso de sincronización tarjeta A83
25	MUXC5	20TB1-128	A83TB1-8	24 Vdc	Retardo de la exposición, tarjeta A83 - Selector de tiempo de exposición

(Fuente de datos propios)

## ANEXO G. MAPAS DE PROCESOS DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE ERRORES

Los procesos contenidos en este anexo, indican las etapas seguidas en la programación de la tarjeta de detección de errores, para este fin se ha utilizado un microcontrolador Dspic30f4013 de microchip, el microcontrolador permite seleccionar una de las entradas de los multiplexores, estos a su vez adquieren las señales de entrada de las tarjetas de acondicionamiento de señales y entregan niveles de tensión altos y bajos.

Cuando las señales a sensor del equipo son señales AC el microcontrolador percibe una señal cuadrada cuando el nivel de tensión es el adecuado de lo contrario solo existirá un nivel de tensión alto.

Cuando las señales son DC y la señal del equipo es correcta al microcontrolador le llega un nivel de tensión bajo de lo contrario este es alto.

El objetivo principal es que en cada estado de los procesos del microcontrolador este seleccione una de las señales del equipo y determine si dicha señal seleccionada es la adecuada, de ser positivo el resultado, el microcontrolador cambiara de estado, de lo contrario, se indica en un LDC un mensaje de error, dichos mensajes son mostrados en las tablas 36 y 37, en donde cada punto de medición que inician como MUX, se especifican en el anexo F, aquí es prescindible tener en cuenta las indicaciones en caso de fallas.

Los modos de trabajo FL y SF que se llevan a cabo con el tubo SU, en la figura 11 se indica el proceso seguido, las observaciones más importantes a tener en cuenta en este proceso se indican a continuación.

- **Etapas 3:** En este estado se queda esperando un tiempo **DEL1** el cual es de 1 seg, y durante este tiempo se verifica si en MUXD0 hay un flanco negativo si lo llegase a haber significa que el equipo se encuentra en modo fluoroscopia y si no en modo spot film. Si en MUXD1 hay un flanco negativo, esto indicaría que hay un comienzo de exposición. Este estado se encuentra dentro de los casos especiales, puesto que, no se puede saber cuándo se comienza la exposición así que si se da la orden de exposición y no se genera el haz de rayos X, se debe mirar el error 29 ver tabla 37 por este motivo no genera un cambio entre el estado 3 y el 19.



código de error se relaciona con las fallas en las mediciones de los puntos de tensión y cuyas sugerencias se indican en el anexo F.

- **Etapa 19 y 18:** Se muestra en el LCD el código correspondiente al error generado en la etapa inmediatamente anterior.
- **Etapa 20:** Actualiza el LCD e indica que el equipo se encuentra trabajando con el tubo SO en modo de trabajo RAD.
- **Cambio de estado del 17 al 1:** Solo cuando ocurre este cambio de estado se elimina cualquier indicación de error en el LCD ya que este estado indica que el equipo ha terminado la exposición.

El modo de trabajo RAD se llevan a cabo con el tubo SO, en la figura 12 se indica el proceso seguido para la detección de las señales en el equipo; las observaciones más importantes a tener en cuenta en este proceso se indican a continuación.

- **ETAPA 3:** En este estado se queda esperando un tiempo **DEL1** el cual es de 1 segundo, y durante este tiempo se verifica que en la entrada MUXA3 ocurra un flanco negativo con lo cual da comienzo la rotación del tubo de arriba de la mesa, en este proceso, el programa comienza a verificar las demás etapas hasta llegar a la etapa 13, en esta etapa se queda esperando para el comienzo de la exposición.
- **Etapa 13:** Al igual que en la etapa 3 se requiere que se dé una orden externa para que comience el proceso de la exposición, no obstante, se ha determinado que el operario en un intervalo de menos de 5 segundos (**DEL3**) tiene que dar la orden de comienzo de exposición, o de lo contrario, hay un salto del estado 13 al 3 para verificar si aun sigue presionado el Hand Switch.
- **Cambio de estado del 21 al 1:** Solo cuando ocurre este cambio de estado se elimina cualquier indicación de error en el LCD ya que este estado indica que el control ha terminado la exposición.

- **Etapa 22:** Se muestra en el LCD el código correspondiente al error generado en la etapa inmediatamente anterior.
- **Etapa 23:** Actualiza el LCD, indica que el equipo se encuentra en modo de trabajo SU.

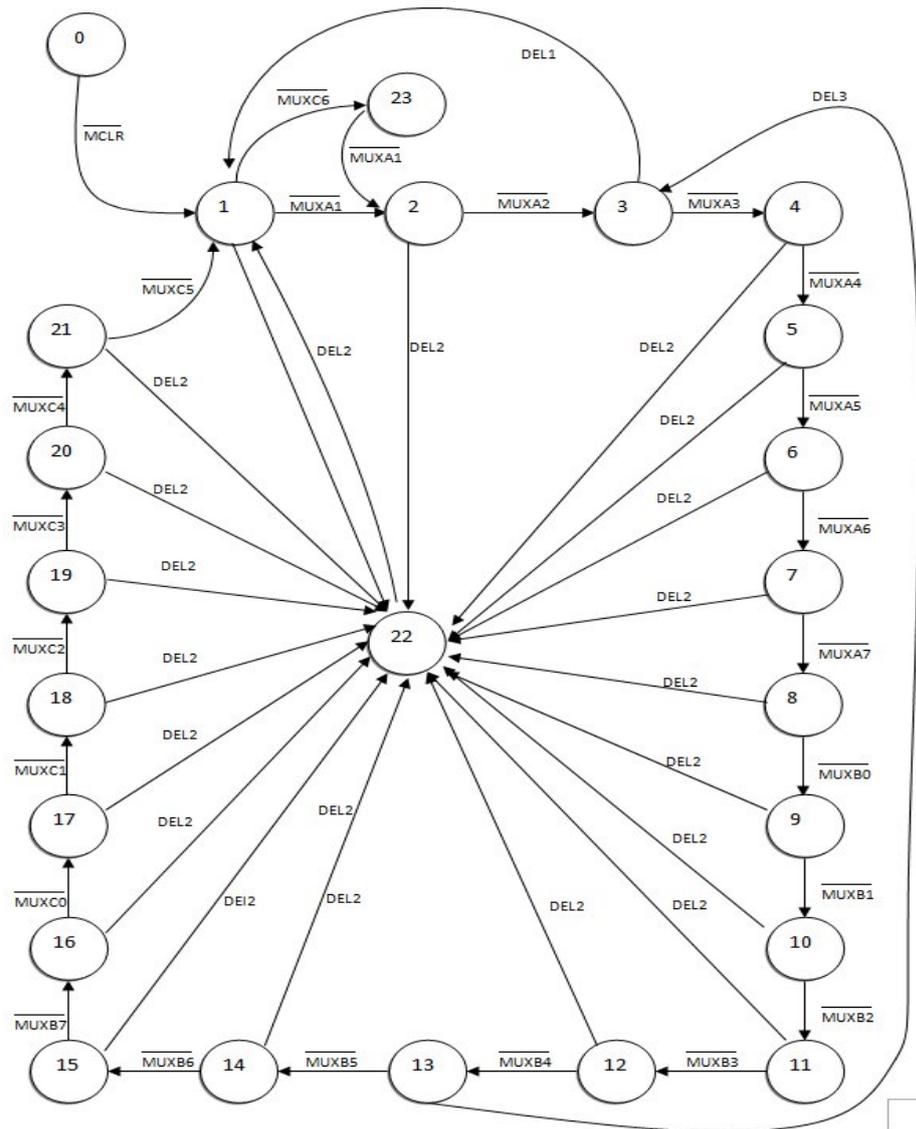


Figura 12. Procesos SO  
(Fuente de datos propios)

Tabla 36. Error indicado en el LCD modo SO

ETAPA	PROCESO	LCD	FALLA EN PUNTO DE MEDICIÓN.
E1	P2	ERR7	MUXC6, MUXA1
E2	P2	ERR8	MUXC7
E3	P2	ERR9	MUXD1
E4	P2	ERR10	MUD2
E5	P2	ERR11	MUXD3
E6	P2	ERR12	MUXD4
E7	P2	ERR13	MUXD5
E8	P2	ERR14	MUXD6
E9	P2	ERR15	MUXD7
E10	P2	ERR16	MUXB4
E11	P2	ERR17	MUXD4
E12	P2	ERR18	MUXD5
E13	P2	ERR19	MUXC1
E14	P2	ERR20	MUXC2
E15	P2	ERR21	MUXC3
E16	P2	ERR22	MUXC4
E17	P2	ERR23	MUXC5
E18	P2	ERR24	LCD
E19	P2	ERR25	LCD
E20	P2	ERR26	MUXC6

(Fuente de datos propios)

Tabla 37. Error indicado en el LCD modo SU

ETAPA	PROCESO	LCD	FALLA EN PUNTO DE MEDICIÓN.
E1	P3	ERR27	MUXA1, MUXC6
E2	P3	ERR28	MUXA2
E3	P3	ERR29	MUXA3
E4	P3	ERR30	MUXA4
E5	P3	ERR31	MUXA5
E6	P3	ERR32	MUXA6
E7	P3	ERR33	MUXA7
E8	P3	ERR34	MUXB0
E9	P3	ERR35	MUXB1
E10	P3	ERR36	MUXB2
E11	P3	ERR37	MUXB3
E12	P3	ERR38	MUXB4
E13	P3	ERR39	MUXB5
E14	P3	ERR40	MUXB6
E15	P3	ERR41	MUXB7
E16	P3	ERR42	MUXC0
E17	P3	ERR43	MUXC1
E18	P3	ERR44	MUXC2
E19	P3	ERR45	MUXC3
E20	P3	ERR46	MUXC4
E21	P3	ERR47	MUXC5
E22	P3	ERR48	LCD
E23	P3	ERR49	MUXA1

(Fuente de datos propios)